

วัสดุอัฟไซเคลกับสถาปัตยกรรม

กมลภรณ์ รุ่งแสง

หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

สุศตยุดิ จารุณช

คณะสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทคัดย่อภาษาไทย:

นับจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมในศตวรรษที่ 19 เกิดระบบการผลิตขนาดใหญ่ การคมนาคม และการสื่อสาร นำเข้าสู่ยุคที่การบริโภคสะดวกสบาย ยิ่งเป็นตัวเร่งให้วงจรชีวิตของสิ่งของสั้นลง เมื่อเวลาผ่านไปพร้อมกับเทคโนโลยีของประชากรโลก จำนวนของเสียก็มีเพิ่มมากขึ้นเป็นปัญหารุนแรงและซับซ้อน การหาทางออก เช่น การส่งออกขยะอาจไม่แก้ปัญหาได้เนื่องจากไม่ว่าของเสียจะถูกขนย้ายไปในส่วนใดก็ยังคงอาศัยอยู่บนโลกเช่นเดียวกับมนุษย์ ในขณะที่ทั่วโลกมีขยะเกิดขึ้นกว่าพันล้านตัน และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น ในประเทศกำลังพัฒนาอย่างเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และแอฟริการนั้นมีที่มาของขยะอาหาร (Food Waste) จำนวนมากและมักเกิดขึ้นในขั้นตอนระหว่างทางจากผู้ผลิตถึงผู้บริโภค ตั้งแต่การเก็บผลผลิต การคมนาคมขนส่งจนถึงการจัดเก็บที่ไม่ได้ประสิทธิภาพ จากปัญหาข้างต้นส่งผลมากกว่าการเกิดขยะอาหารแต่เป็นขยะบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายยาก กระบวนการรีไซเคิล (Recycle) ให้ผลลัพธ์คุณภาพของวัสดุที่ต่ำและต้องใช้พลังงานเพิ่ม กรอบความคิดดังกล่าวสร้างความสั่นคลอนไม่เพียงแนวคิดการบริหารจัดการของเสียแคในมิติของนวัตกรรม แต่ตลอดจนแนวคิดการออกแบบที่กำลังเปลี่ยนแปลงไป

จากกรอบแนวคิดดังกล่าว ส่งผลให้เกิดกระบวนทัศน์ “จากอู่สู่อู่ (Cradle to Cradle)” และกระบวนการอัฟไซเคล (Upcycle) คือกระบวนการแปลงวัสดุเหลือใช้หรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถใช้งานตามหน้าที่เดิมให้เป็นสิ่งใหม่ที่มีคุณภาพและมูลค่าเพิ่มขึ้น โดยใช้การออกแบบเป็นเครื่องมือที่สำคัญเนื่องจากธรรมชาติงานออกแบบมักผูกข้อต่อสิ่งไม่สวยงามไว้ไม่ให้เห็น โดยมีหลักการ 3 ประการ ดังนี้ 1) การใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่า 2) หลักการใช้พลังงานในการเปลี่ยนสภาพ 3) ความสวยงาม ซึ่งการอัฟไซเคลทั่วไปแตกต่างจากการอัฟไซเคลในงานสถาปัตยกรรมตั้งแต่การคัดแยกวัสดุในกรณีศึกษาทั่วไปสามารถคัดแยกได้โดยใช้สีเพียงอย่างเดียวได้ แต่ในงานสถาปัตยกรรมต้องมีเรื่องขนาด และประเภทเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่เมื่อใช้การออกแบบเป็นเครื่องมือซึ่งถือเป็นขั้นตอนสำคัญของกระบวนการแต่กลับเป็นขั้นตอนที่อธิบายได้ยากเนื่องจากความคิดสร้างสรรค์ไม่สามารถจับต้องได้อย่างเป็นรูปธรรม

การศึกษาบรรจุภัณฑ์อาหารหลายชนิดใช้เวลานานสำหรับการย่อยสลายนั้นหมายความว่าวัสดุมีคุณสมบัติที่คงทนต่อแรงธรรมชาติประกอบกับความหลากหลาย บรรจุภัณฑ์จึงสามารถใช้วิธีการอย่างง่ายแปรสภาพเพื่อให้ใช้ประโยชน์อื่นได้เป็นวัสดุที่น่าสนใจเมื่อนำมาใช้ในงานสถาปัตยกรรม โดยจำแนกตามวัสดุตั้งต้นได้ 5 ชนิดหลัก ได้แก่ 1) กระดาษ 2) พลาสติก 3) แก้ว 4) โลหะ จากกรณีศึกษาแม่ที่มาและลักษณะทางกายภาพของวัสดุมีความแตกต่างกันแต่ระบบการออกแบบที่เกิดขึ้นกับวัสดุมีความคล้ายคลึงกันคือ การวิเคราะห์ความเหมาะสมเพื่อการใช้งาน และ ออกแบบระบบวัสดุเป็นหน่วยย่อย (Modular system) ตามลักษณะทางกายภาพจากการคัดแยกวัสดุที่มีชนิดเดียวกัน หรือขนาดเท่ากัน ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้กับอาคารสาธารณะในแทรกพื้นที่ชุมชน เนื่องจากง่ายต่อการก่อสร้าง รื้อถอน แก้ปัญหาของเสียในประเทศ

¹ บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของ กมลภรณ์ รุ่งแสง. สถาปัตยกรรมโดยกระบวนการอัฟไซเคล. ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร สาขาแนวความคิดในการออกแบบ, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Upcycle Architecture

Abstract:

Ever since Industrial Revolution in the 19th century, with industrialization, mass production, mass traffic as well as mass consumption, the world has been transformed. While the world's population increases its consumption, it also increases waste created from various steps of those consumption. With various types of wastes, including enormous amount of food waste that the world's population have created, there emerged efforts to Recycle, which has in turn, begat many other theoretical and practical frameworks regarding various wastes.

One of such frameworks is called 'Cradle to Cradle,' for its regards to Upcycle thinking and process. It refers to process of transforming materials or products that could no longer be used in their original purposes into something new. Design play an important role in creating Upcycle products, and is based on three related principles, that are 1) new usages and added value 2) energy concern in the process 3) aesthetic value. General Upcycle of materials and products, also share certain conceptual framework with Architectural Upcycle, they also differ.

This research intends to study the meaning and implication of "Upcycle" process, both in materials and products and draw comparison between general products and architecture. It aims to focus on four major materials, that are 1) paper, 2) plastic, 3) glass, 4) metal. This parallel study between products and architecture will lead to a better understanding about the future roles and implications as well as possibilities for Upcycle Architecture.

Keyword: Upcycle Material, Food Packaging, Modular

1. บทนำ

สิ่งแวดล้อมในปัจจุบันเกิดเป็นปัญหารุนแรงและซับซ้อน จากรายงานของ Waste Generation and Recycling Indices 2019 จัดทำโดย Verisk Maplecroft Environment Dataset ที่ศึกษาและสำรวจเกี่ยวกับการผลิตขยะ และการรีไซเคิล (Recycle) พบว่าในแต่ละปีมีขยะมูลฝอยชุมชน (Municipal Solid Waste) เกิดขึ้นมากกว่า 2.1 พันล้านตัน แต่มีเพียง 16% หรือประมาณ 323 ล้านตันเท่านั้น ที่จะเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล ซึ่งให้ผลลัพธ์คุณภาพของวัสดุที่ต่ำและต้องใช้พลังงานมากซึ่งการรีไซเคิลวัสดุบางชนิดใช้พลังงานมากกว่าการผลิตใหม่

การผลิตอาหารทั่วโลกทั้งหมด 4 พันล้านตันในแต่ละปี ในประเทศกำลังพัฒนาอย่างเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และแอฟริกาที่มีที่มาของขยะอาหาร (Food Waste) จำนวนมากและมักเกิดขึ้นในขั้นตอนระหว่างทางจากผู้ผลิตถึงผู้บริโภค ตั้งแต่การเก็บผลผลิต การคมนาคมขนส่งจนถึงการจัดเก็บที่ไม่ได้ประสิทธิภาพ ซึ่งขยะอาหารถือเป็นขยะอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ แต่สิ่งที่เป็นของเสียรองลงมาคือบรรจุภัณฑ์ทั้งจากครีวรีออนและที่เกิดขึ้นระหว่างทางก่อนถึงผู้บริโภคซึ่งจำนวนมากเป็นพลาสติกที่ย่อยสลายยากและมีคุณภาพที่ต่ำลงผ่านการรีไซเคิล

ในวงนักออกแบบได้รับการยอมรับว่าปัญหาสิ่งแวดล้อมส่งผลให้จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนกลยุทธ์ และแนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรม สิ่งนี้ส่งผลให้เกิดความคิดใหม่กับวัสดุและระบบธรรมชาติเข้าสู่ความเข้าใจวัฏจักรของวัสดุ การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติและการเพิ่มขึ้นของของเสีย หลายประเทศออกกฎหมายเพื่อกระตุ้นให้มีการริเริ่มสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ซึ่งเป็นสาเหตุที่มีผลอย่างยิ่งในการออกแบบ ก่อสร้างและการดำเนินงานที่เกิดจากสภาพแวดล้อมที่สร้างขึ้น เช่น ภาชนะคาร์บอนมีแนวโน้มที่จะมีผลต่อการออกแบบอาคารและการจัดหาวัสดุในหลายประเทศ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์และเหล็ก

ความรับผิดชอบต่อผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มจำนวนขึ้นเป็นกลยุทธ์ที่ส่งผลให้เกิดความตระหนักรับผิดชอบวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการอัปไซเคิล (Up-cycle) ซึ่งเป็นกระบวนการแปลงวัสดุเหลือใช้หรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถใช้งานตามหน้าที่เดิมให้เป็นสิ่งใหม่ที่มีคุณภาพ มูลค่าเพิ่มขึ้น และใช้พลังงานน้อยที่สุด โดยใช้การออกแบบเป็นเครื่องมือที่สำคัญเนื่องจากธรรมชาติงานออกแบบมักชุกซ่อนสิ่งไม่สวยงาม ผลที่แสดงยังคงคุณลักษณะทางกายภาพหรือปรับเปลี่ยนแต่ทั้งร่องรอยลักษณะเดิมและปรับเปลี่ยนหน้าที่ กรอบความคิดดังกล่าวสร้างความสั่นคลอนไม่เพียงแนวคิดการบริหารจัดการของเสียแค่นั้นมิติของนวัตกรรม แต่ตลอดจนแนวคิดการออกแบบที่จะเปลี่ยนแปลงไปในอนาคตส่งผลต่อวิธีการก่อสร้างและรูปแบบที่แสดงออกผ่านสถาปัตยกรรมที่หลากหลาย

2. วัตถุประสงค์ของบทความ

1. เพื่อศึกษาทฤษฎีที่มาและกระบวนการอัปไซเคิล (Up-cycle) ความแตกต่างและการเปลี่ยนผ่านระหว่างการใช้ซ้ำ (Reuse), รีไซเคิล (Recycle), และอัปไซเคิล (Up-cycle)
2. เพื่อศึกษากระบวนการอัปไซเคิล (Up-cycle) โดยเฉพาะวัสดุตั้งต้นจากบรรจุภัณฑ์อาหาร
3. เพื่อสร้างการจัดการระบบวัสดุจากบรรจุภัณฑ์ใช้ในงานสถาปัตยกรรมผ่านกระบวนการอัปไซเคิล (Up-cycle)

3. วิธีการวิจัย หรือ เครื่องมือในการวิจัย หรือ ระเบียบวิธีวิจัย

1. รวบรวมข้อมูลที่มา ทฤษฎี กระบวนการอัปไซเคิล (Up-cycle) ความหมายของใช้ซ้ำ (Reuse) รีไซเคิล (Recycle) และอัปไซเคิล (Up-cycle) จากคำจำกัดความและกระบวนการ รวบรวมประเภทของบรรจุภัณฑ์อาหาร และกรณีศึกษาที่ใช้บรรจุภัณฑ์อาหารเป็นวัสดุตั้งต้นในงานสถาปัตยกรรมผ่านกระบวนการอัปไซเคิล (Up-cycle)

2. วิเคราะห์ข้อมูล ความแตกต่างระหว่างใช้ซ้ำ (Reuse) รีไซเคิล (Recycle) และอัปไซเคิล (Up-cycle) และวิเคราะห์กรณีศึกษาสถาปัตยกรรมกระบวนการอัปไซเคิล (Up-cycle) ที่มีวัสดุตั้งต้นจากบรรจุภัณฑ์อาหาร

4. ผลการวิจัย

4.1 เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy)

ระบบเศรษฐกิจ ถือกำเนิดพร้อมกับที่มนุษย์เริ่มรวมตัวเกิดการสื่อสาร แลกเปลี่ยน จนเรียนรู้และพัฒนาโลกที่สอดคล้องกับรูปแบบวิถีการใช้ชีวิต แต่สิ่งที่สำคัญและไม่ได้รับการสนใจคือศักยภาพทรัพยากรที่มีไม่เพียงพอต่อการตอบสนองเพื่อการบริโภคและถูกทิ้งไปโดยไม่เหลือวแล ซึ่งเรียกว่า เศรษฐกิจแบบเส้นตรง (Linear Economy) คือการ Take-Make-Dispose คือ ถลุง (Take) ดึงทรัพยากรจำนวนมากที่สุดในราคาที่ถูกที่สุดก่อนจะเข้ากระบวนการผลิต (Make) ขาย ใช้งาน และทิ้ง (Dispose) กลายเป็นขยะ



ภาพที่ 1: แสดงเศรษฐกิจแบบเส้นตรง (Linear Economy)

วิัจจักรนี้ดำเนินมาเป็นเวลาหลักศตวรรษ จนทรัพยากรมีที่ท่าว่าจะหมดไปภายในช่วงอายุคน จากสถิติการใช้ทรัพยากรและจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นมีการประเมินว่าภายในปี ค.ศ. 2030 ความต้องการใช้ทรัพยากรของโลกจะสูงถึง 3 เท่าของปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่ และจะสูงขึ้นเป็น 4 เท่าในปี ค.ศ. 2050 ถ้าโลกไม่สามารถผลิตทรัพยากรให้เพียงพอกับความ ต้องการได้ทางออกคือการลดใช้ทรัพยากรและการนำกลับมาใช้ใหม่เป็นจุดเปลี่ยนให้เกิดแนวคิด เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) คือการเปลี่ยนรูปแบบวิัจจักรเป็น Make-Use-Return คือ ผลิต (Make) โดยใช้ทรัพยากรน้อยที่สุดด้วยการใช้นวัตกรรมและการออกแบบ ใช้ (Use) อย่างคุ้มค่าเต็มประสิทธิภาพ และทิ้งอย่างถูกต้องเพื่อให้วัสดุเหล่านั้นสามารถวนกลับ (Return) มาใช้โดยการสร้างประโยชน์อื่น ปัญหาจากการใช้ทรัพยากรไม่แตกต่างจากวิกฤติของปัญหาสภาพแวดล้อมอื่น กล่าวคือมนุษย์รับรู้สิ่งที่กำลังจะเกิดขึ้นล่วงหน้าแต่แต่การแก้ไขปัญหาล่าช้าจนปัญหารุนแรงขึ้น เนื่องจากเมื่อประมาณ 50 ปีก่อน ในปี ค.ศ. 1972 กลุ่มนักวิชาการ The Club of Rome ตีพิมพ์รายงานเรื่อง “The Limit to Growth” หรือ “ขีดจำกัดของการเติบโต” ซึ่งตั้งคำถามถึงความยั่งยืนในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพื่อการพัฒนา ผลสรุปว่าหากไม่มีสิ่งใดเปลี่ยนแปลง เศรษฐกิจโลกจะเติบโตต่อเนื่องอย่างไร้การควบคุมจนเกิดขีดจำกัดของต้นทุนทางธรรมชาติ และเข้าสู่ภาวะล่มสลายในระหว่างปี ค.ศ. 2050-2070 ซึ่งการคาดการณ์นี้สอดคล้องกับผลการศึกษาที่เกิดขึ้นภายหลังอีกมากมาย แม้ในเวลาต่อมาจะเกิดแนวความคิดเรื่องการปรับเปลี่ยนวิถีการบริโภคที่คำนึงถึงความยั่งยืน แต่หนึ่งในแนวคิดสำคัญ อันเปรียบเสมือนรากฐานให้กับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนในปัจจุบัน คือกระบวนการที่ค้น “Cradle to Cradle” หรือ “จากอู่สู่อู่” ของสถาปนิกชาวอเมริกัน วิลเลียม แม็กโดนโน และนักเคมีชาวเยอรมัน ไมเคิล บรอนการ์ต

4.2 กระบวนทัศน์จากอู่สู่อู่ (cradle to cradle)

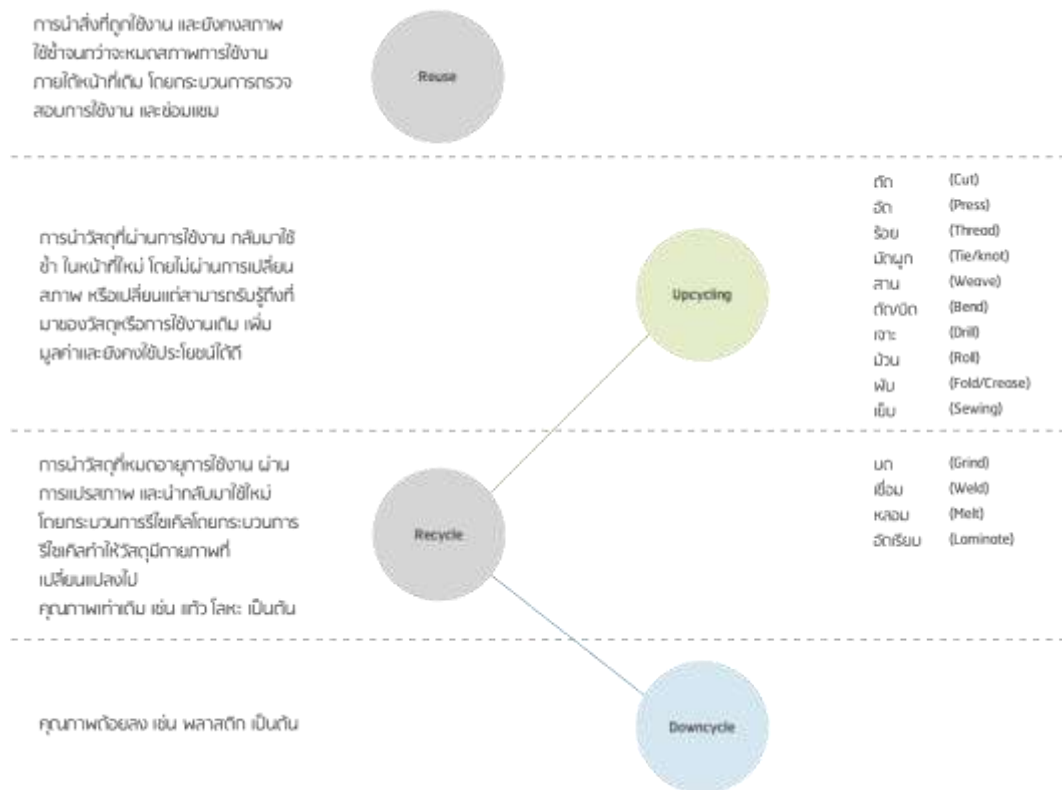
การปฏิวัติอุตสาหกรรมในทศวรรษที่ 19 ชุมชนเกษตรกรเปลี่ยนแปลงเป็นการผลิตที่เน้นจำนวนและความรวดเร็ว เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดพร้อมกับการสร้างของเสียตกค้าง การเริ่มต้นด้วยการตัดวงจรทรัพยากรจากแหล่งกำเนิด (Cradle) และจบที่กองขยะซึ่งเปรียบได้กับสุสาน (Grave) จากอู่สู่อู่ (Cradle-to- Grave) นิยามขึ้นจาก วิลเลียม แม็กคดอนโน สถาปนิกสถาปนิกชาวอเมริกันและผู้ก่อตั้ง William McDonough+Partners และ ไมเคิล บรอนการ์ต นักเคมี เชิง

กระบวนการอัพไซคลิงเริ่มเป็นที่รู้จักและใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้นจากหนังสือ cradle to cradle : Remaking the way we make things โดยให้คำจำกัดความว่า “การนำวัสดุที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์แล้วมาทำให้มีมูลค่าหรือใช้ได้ดีกว่าเดิม” (Braungart & McDonough, 2002) เป็นหลักการแม่แบบจากธรรมชาติในการประเมินวัฏจักรการเกิดและย่อยสลายอย่างยั่งยืน จากแนวความคิดดังกล่าวต่อยอดสู่แนวความคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) ซึ่งในปัจจุบันมีผู้เสนอแนวความคิดและค่านิยมของอัพไซคลิงไว้หลากหลาย

ริชาร์ดสัน (Richardson, 2011) ที่ให้คำจำกัดความกระบวนการอัพไซคลิงว่า การทำผลิตภัณฑ์หรือวัสดุที่ถูกทิ้งมาสู่วงจรชีวิตใหม่ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับชินิ (Chini, 2007) และคาลกิน (Calkins, 2009) ได้ให้ค่านิยมของกระบวนการอัพไซเคิลไว้ว่าเป็นกระบวนการที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพความคงทนและมูลค่าทางเศรษฐกิจที่สูงขึ้น

หลักการที่กล่าวมาข้างต้นเป็นกระบวนการจัดการของเสียที่ถูกใช้อย่างแพร่หลาย แม้ว่าการนำหลักการ 3R จะช่วยลดปริมาณของเสีย แต่กระบวนการยังคงส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศทางธรรมชาติอย่างรู้เท่าไม่ถึงการณ์ โดยเฉพาะการ รีไซเคิล ซึ่งเป็นการดาวน์ไซเคิล (downcycle) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพต่ำลง ทั้งกระบวนการต้องใช้พลังงานเพิ่ม ซึ่งหากไม่มีการจัดการที่ดีอาจสร้างปัญหาแก่สภาพแวดล้อม นอกจากนี้การรีไซเคิลอาจเสียค่าใช้จ่ายมากกว่าการผลิตวัสดุชิ้นใหม่ เนื่องจากวัสดุเหล่านั้นไม่ได้ออกแบบมาเพื่อสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ตามอุดมคติของการรีไซเคิล เพื่อลดจุดด้อยของการรีไซเคิลจึงเป็นที่มาของกระบวนการการผลิตวัสดุแบบใหม่เรียกว่า อัพไซเคิล (up-cycle) หรือ อัพไซคลิง (upcycling) คือ การนำวัสดุที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ ได้ทำให้มีมูลค่าหรือใช้ได้ดีกว่าเดิม (Braungart & McDonough, 2002) เป็นกระบวนการที่ทำให้วัสดุ ที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามหน้าที่เดิมให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณภาพ และมูลค่าสูงขึ้น ทั้งยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Intrachooto,2013)

ความแตกต่างและการเปลี่ยนผ่านระหว่างการใช้ซ้ำ, รีไซเคิล และอัพไซเคิล (Reuse, Recycle, Up-cycle)



ภาพที่ 4: แสดงขอบเขตและความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ซ้ำ (Reuse), รีไซเคิล (Recycle), และอัพไซเคิล (Up-cycle)

การใช้ซ้ำ (Reuse) การนำสิ่งที่ถูกใช้งาน และยังคงสภาพใช้ซ้ำจนกว่าจะหมดสภาพการใช้งานภายใต้หน้าที่เดิม โดยกระบวนการตรวจสอบการใช้งาน และซ่อมแซม เช่น เครื่องนุ่งห่มเมื่อถูกใช้งานแล้วผ่านการซักนำกลับมาใช้ใหม่ เมื่อชำรุดฉีกขาดเย็บซ่อมแซมและสามารถสวมใส่ได้ดังเดิม เป็นต้น

รีไซเคิล (Recycle) การนำวัสดุที่หมดอายุการใช้งาน ผ่านการแปรสภาพ และนำกลับมาใช้ใหม่ โดยกระบวนการรีไซเคิลใช้กับวัสดุที่ผ่านการแปรสภาพแล้วยังคงมีคุณภาพเท่าเดิม เช่น แก้ว โลหะ เป็นต้น หรือด้อยลง เช่น พลาสติก เป็นต้น

วัสดุที่ผ่านการใช้งานหรือวัสดุเหลือใช้ในมุมมองของกระบวนการอัพไซเคิล (Up-cycle) จึงถือได้ว่าเป็นวัสดุตั้งต้นที่รอการใช้งานในประโยชน์อื่น ซึ่งเมื่อศึกษาที่มาทำให้พบว่าการอัพไซเคิล (Up-cycle) เป็นส่วนหนึ่งของการรีไซเคิล (Recycle) และเกิดจากช่องว่างระหว่างการใช้ซ้ำ (Reuse) กับการรีไซเคิล (Recycle) เนื่องจากเป็นการใช้ซ้ำโดยการเปลี่ยนหน้าที่ แต่คงร่องรอยให้รับรู้ถึงที่มาและการใช้งานเดิมของวัสดุตั้งต้นจากการวิเคราะห์ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากวิธีการแปรสภาพ (Transform) มุ่งเน้นกระบวนการหรือวิธีการที่ง่ายใช้พลังงานน้อยและทดแทนด้วยการออกแบบเพื่อเพิ่มมูลค่า

หลักเกณฑ์การออกแบบอัพไซเคิล (Up-cycle) เพิ่มมูลค่าของงานออกแบบทั่วไปและงานสถาปัตยกรรมไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก แต่การออกแบบสถาปัตยกรรมต้องขุดลึกถึงคุณค่าที่อาจเกิดขึ้นจากของเสียจากการทำงาน วัสดุ โครงสร้าง และเข้าใจเงื่อนไขของบริบทเพิ่มมากขึ้น โดยมีหลักการดังนี้

1. หลักการใช้ประโยชน์จากของเสียให้เกิดประโยชน์สูงสุด การออกแบบใหม่กับของเสียเป็นวัตถุดิบที่ต้องใช้ความพยายามอย่างดีที่สุดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากของเสีย ซึ่งต้องเริ่มต้นจากแหล่งที่มาเพื่อทำการเขียนโปรแกรมที่เหมาะสมของการออกแบบ อย่างไรก็ตามการออกแบบของเสียทุกครั้งไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด ดังนั้นวิธีการ การจัดการที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญ

2. หลักการใช้พลังงานในการก่อสร้างหรือเปลี่ยนรูปร่าง (transformation) ที่ใช้พลังงานน้อยและได้ประโยชน์สูงสุด ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การออกแบบใหม่ของวัสดุควบคุมต้นทุนอย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากมูลค่าของวัสดุนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็วถ้าไม่สามารถออกแบบเพื่ออัพไซเคิลได้สำเร็จ ดังนั้นการออกแบบเป็นขั้นตอนแรกของการสร้างใหม่จึงต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนรูปร่าง (transformation) โดยกระบวนการเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพของกระบวนการอัพไซเคิล ได้แก่ การบิ การตัด ประกอบ และการอัดที่ไม่ใช้ความร้อน เนื่องจากขั้นตอนที่กล่าวข้างต้น เป็นขั้นตอนพื้นฐานที่ใช้พลังงานเพื่อการแปรสภาพน้อยที่สุดและยังคงการรับรู้ถึงความเป็นวัสดุเดิมได้

3. หลักการความงามและลักษณะทางกายภาพที่คงเดิม สอดคล้องกับรสนิยมสุนทรีย์ของสาธารณะควรเป็นไปตามหลักการออกแบบ ภายใต้หลักการดังกล่าวควรมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งและคุ้นเคยกับเงื่อนไข ประเพณี และเป้าหมาย ทั้งมีความอ่อนไหวกับองค์ประกอบที่ทันสมัยและเป็นที่ยอมรับ และพยายามอย่างเต็มที่เพื่อหลีกเลี่ยงความคิดและคุณค่าส่วนตัวในการออกแบบ แต่ไม่สอดคล้องกับรสนิยมสุนทรีย์ของสาธารณะ และแสดงลักษณะทางกายภาพที่สามารถรับรู้ที่มา หรือร่องรอยการใช้งานในหน้าที่เดิม

4.4 กระบวนการอัพไซเคิลกับการออกแบบสถาปัตยกรรม (Up-cycle Process)

กระบวนการอัพไซเคิลเป็นการส่งต่อวัสดุจากการใช้งานหนึ่งสู่การใช้งานหนึ่งผ่านความคิดสร้างสรรค์ การส่งต่อวัสดุในงานออกแบบทั่วไปจะมีข้อจำกัดน้อยกว่าการใช้วัสดุอัพไซเคิลในสถาปัตยกรรม เนื่องจากสถาปัตยกรรมมนุษย์เข้าไปใช้งานโดยกระบวนการดังนี้

1. ออกแบบกำหนดลักษณะหรือความต้องการวัสดุ ขั้นตอนนี้อาจเกิดจากโปรแกรมหรือแบบร่างขั้นแรก เพื่อให้ทราบประเภทอาคาร องค์ประกอบ ความต้องการใช้งาน บรรยากาศ หรือลักษณะทางกายภาพ เช่น ต้องการวัสดุผนัง/พื้น หรือ ทึบแสง/โปร่งแสง เป็นต้น การสร้างสรรค์ถือเป็นเรื่องที่ไม่สามารถจับต้องได้อย่างเป็นรูปธรรมแต่อย่างไรก็ตามขั้นตอนนี้ถือเป็นหัวใจของการอัพไซเคิล เนื่องจากการออกแบบถือเป็นสิ่งที่สามารถตัดสินใจได้ว่า ผลงานที่ได้จะเป็นสิ่งที่มีมูลค่าหรือไม่

2. คัดแยกวัสดุ เริ่มคัดแยกวัสดุที่หลากหลายให้เป็นกลุ่มย่อย ซึ่งสามารถทำได้หลายประเภทตามข้อแม้ที่กำหนด เช่น สี รูปทรง ขนาด หรือคุณลักษณะอื่นได้ตามที่ต้องการโดยไม่จำเป็นต้องเป็นการแยกตามชนิดของเนื้อวัสดุ สำหรับการใช่วัสดุอัฟไซเคิลในสถาปัตยกรรมเจาะจงการแยกประเภทและขนาดเนื่องจากการแยกประเภทในลักษณะนี้ส่งผลให้การออกแบบและการก่อสร้างง่ายยิ่งขึ้น

3. ศึกษาคุณสมบัติเป็นแนวทางแรก ต่อยอดด้วยความคิดสร้างสรรค์ หรืออาจทำการทดลองโดยการออกแบบในลักษณะที่หลากหลายเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงเทคนิคที่มีอยู่ได้ องค์ความรู้หรือวิธีการใหม่ที่พัฒนาจากความรู้พื้นฐานที่มีอยู่ซึ่งบ่อยครั้งจะมีการนำงานฝีมือ (Craft) เข้ามาใช้

4. พัฒนารูปการประกอบชิ้นงาน มีความแตกต่างกัน เนื่องจากการใช้งานที่ต่างจากเดิมนอกจากการปรับเปลี่ยนวัสดุตั้งต้นแล้วอาจต้องเพิ่มเติมการประกอบเข้าด้วยกันจากวัสดุที่ต่างกัน เช่น เมื่อนำขวดแก้วขยะจากบรรจุภัณฑ์เปลี่ยนเป็นผนังวิธีการประกอบเข้าด้วยกันจะถูกออกแบบขึ้นใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับวัสดุนำไปใช้งานได้และประหยัดพลังงาน วิธีประกอบอาจผูกเข้าด้วยกัน หรือ มีวัสดุเชื่อม เช่น ซีเมนต์ เป็นต้น

5. การสร้างต้นแบบมีความสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการอัฟไซเคิล ของภาคอุตสาหกรรมทั่วไป เนื่องจากสามารถทำให้มองเห็นความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างเป็นรูปธรรม (Proof of Concept) ทั้งในแง่ของสัดส่วนรวมไปถึงรายละเอียด โดยผู้ออกแบบจะสามารถตรวจสอบการใช้งานความแข็งแรงและความสวยงาม รวมถึงเทคนิคการก่อสร้าง

4.5 ผลลัพธ์เปลี่ยนวัสดุเหลือใช้เป็นรอใช้ด้วยกระบวนการอัฟไซเคิล

กระบวนการอัฟไซเคิลทั่วไปถูกพูดถึงในเชิงอุตสาหกรรมการผลิต ความหลากหลายทั้งทางด้านขนาด และลักษณะเฉพาะทำให้วัสดุที่เหลือจากการผลิตกลายเป็นภาระของผู้ประกอบการเพราะความหลากหลายทำให้การควบคุมเศษวัสดุจากการผลิตเป็นไปได้ยากและไม่สามารถนำกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตเดิมได้ การนำวัสดุกลับมาใช้อีกจึงต้องตรวจสอบระบบการผลิตในโรงงานและผู้ปฏิบัติงานควบคู่กันไป เพราะหากใช้วิธีปฏิบัติและกระบวนการแบบเดิมที่คุ้นเคยย่อมนำไปสู่ผลลัพธ์เดิมที่ไม่สามารถแก้ไขปัญหาวัสดุเหลือใช้ได้ (รศ.ดร.สิงห์ อินทรชูโต ,2556) ดังนั้นการจะพัฒนาไปสู่กระบวนการเปลี่ยนเศษวัสดุเป็นผลิตภัณฑ์หรือเป็นวัสดุต้นน้ำอีกครั้งจึงต้องผสมผสานศาสตร์หลายแขนง และมีการส่งต่อวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากกิจการหนึ่งสู่การใช้ประโยชน์ใหม่ในกิจการใหม่จัดกลุ่มได้จากที่มาของวัสดุ ดังนี้

1. อัฟไซเคิลจากวัสดุชิ้นส่วนยานยนต์

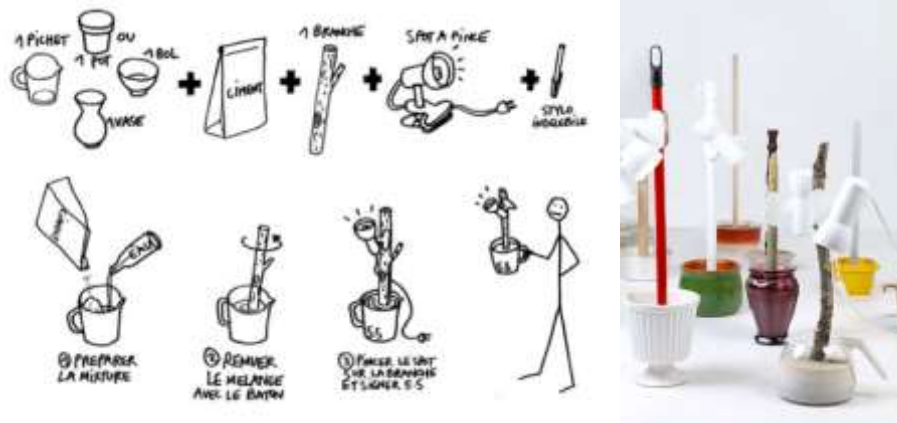
Freitag เป็นผู้ผลิตกระเป๋าในสวิตเซอร์แลนด์โดยผสมผสานการออกแบบ และการผลิตซึ่งถูกค้นพบในปี 1993 โดยพี่น้อง Freitag, Markus และ Daniel กระเป๋าและกระเป๋าเดินทางทั้งหมดถูกสร้างขึ้นจากของเสีย ในขณะที่ผ้ากันน้ำที่ขรุขระทรุดโทรมของรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เป็นวัสดุหลัก เข็มขัดนิรภัยในรถยนต์เป็นสายรัดสะพายพกพา และยางในจักรยานเป็นอุปกรณ์เสริม โดยใช้วิธีการตัดเย็บพื้นฐานเท่านั้น



ภาพที่ 5: แสดงตัวอย่างงานออกแบบวัสดุอัฟไซเคิลจากชิ้นส่วนยานยนต์

2. อับไซเคิลจากของเหลือใช้ครัวเรือน

Cuisine d'objets สร้างแนวคิดใหม่ให้แก่การออกแบบวัสดุอับไซเคิลกับเครื่องเรือน โดยเปรียบกับการทำอาหาร อาหารแต่ละชนิดมีสูตรในการทำ แต่จะถูกปรุงแต่งตามรสชาติความชอบของแต่ละบุคคล เช่นเดียวกันการออกแบบนี้กำหนดวิธีการ ขั้นตอน และลักษณะทางกายภาพของวัสดุไว้อย่างคร่าว แต่ผลงานออกแบบจะออกมาเป็นชิ้นไร่นั้นและแต่รสนิยมและความพึงพอใจ สร้างความหลากหลายให้แก่ผลลัพธ์



ภาพที่ 6: แสดงตัวอย่างงานออกแบบวัสดุอับไซเคิลจากวัสดุเหลือใช้ครัวเรือน

3. อับไซเคิลจากสิ่งทอ

T-shirt cair แก้อั้วจากเสื้อยืดนี้สามารถมอบชีวิตใหม่ให้กับเสื้อยืด 40 ตัว เสื้อผ้าที่สานผ่านโลหะโค้งงอแผ่นเดียว สัดส่วนของแก้อั้วและระบบตารางที่เกิดขึ้นบนโครงเหล็กกระปุกทำให้เหมาะสมกับขนาดเฉลี่ยของเสื้อยืดผู้ใหญ่ เสื้อยืดคลาสสิกสามารถสะท้อนตัวตนออกมาได้มากกว่าเสื้อยืดชนิดอื่น เพราะมักจะแสดงภาพพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับผู้สวมใส่ เช่น ทีมกีฬา หรือนักดนตรี นอกจากการอับไซเคิลของวัสดุเป้าหมายของแก้อั้วตัวนี้คือรักษาเรื่องราวที่ติดอยู่กับเสื้อยืด และสามารถปรับเปลี่ยนเรียงใหม่ได้โดยง่าย



ภาพที่ 7: แสดงตัวอย่างงานออกแบบวัสดุอับไซเคิลจากสิ่งทอ

4. วัสดุอับไซเคิลจากการก่อสร้างและรีออง

Neorustica เป็นตู้ โต๊ะ และม้านั่งที่สร้างขึ้นด้วยเศษไม้ในบราซิล แต่ละชนิดได้รับการตั้งชื่อตามชุมชนหนาแน่นในริโอเดจาเนโร โดยการออกแบบเคารพภูมิหลังในชนบทของประเทศ เน้นความเป็นอยู่ที่ทุกซ์ทรมานประชากรจำนวนมากย้ายจากเมืองหนึ่งไปเมืองหนึ่ง โดยผู้ออกแบบทำงานกับเศษไม้จากสถานที่ก่อสร้างและรีออง แผ่นไม้ผิวสัมผัสลุลูชะทาด้วยสีสดไล่ตัดกัน ประกอบเข้ากับแผงประตู ความหยาบของไม้จากการใช้งานเดิมเชิญชวนให้ผู้ใช้สัมผัสกับพื้นผิว



ภาพที่ 8: แสดงตัวอย่างงานออกแบบวัสดุรีไซเคิลการก่อสร้างและรีออง

5. อัจฉริยะจากบรรจุภัณฑ์และการขนส่ง

Little crush lamp โคมไฟตั้งพื้นขนาดใหญ่ และโคมไฟตั้งโต๊ะจากขวดพลาสติก ฐานโคมไฟคล้ายกับรูปทรงของปติมากรรม การออกแบบใช้วิธีการบิดและการประกอบ กระบวนการคิดว่าขยะสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างไรก่อนจะเป็นของเสีย และการคำนึงถึงกายภาพของขวดที่ถูกใช้งานและสิ่งที่มีลักษณะที่ไม่สมบูรณ์แบบการเคลือบสีดำที่บรรจุภัณฑ์เพื่อปกปิดระบบไฟฟ้า ความเอียงเล็กน้อยที่เกิดขึ้นจากโคมคือเนื่องจากการวางแนวของปากขวดหลังจากการบิด ฐานโลหะทรงกลมทำให้น้ำหนักและความมั่นคง โคมไฟแสดงถึงความไม่สมบูรณ์และความคิดดั้งเดิมเกี่ยวกับสุนทรียภาพของรูปแบบความโค้งงอของแสง



ภาพที่ 9: แสดงตัวอย่างงานออกแบบวัสดุรีไซเคิลจากบรรจุภัณฑ์และการขนส่ง

ปัจจุบันทั่วโลกมีการผลิตอาหารทั้งหมด 4 พันล้านตันในแต่ละปี ในประเทศกำลังพัฒนาในกลุ่มเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และแอฟริการนั้นมีที่มาของขยะอาหาร (Food Waste) มักเกิดขึ้นในขั้นตอนระหว่างทางจากผู้ผลิตถึงผู้บริโภค ตั้งแต่การเก็บผลผลิต การคมนาคมขนส่งจนถึงการจัดเก็บที่ไม่ได้ประสิทธิภาพ ซึ่งขยะอาหารถือเป็นขยะอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ แต่สิ่งที่เป็นของเสียรองลงมาคือบรรจุภัณฑ์หลายประเภทย่อยสลายได้ยาก มีจำนวนมาก และหลายรูปแบบ บรรจุภัณฑ์จึงเป็นวัสดุตั้งต้นการรีไซเคิลที่นำศึกษาประเภทหนึ่ง โดยเฉพาะวัสดุจากบรรจุภัณฑ์อาหารที่ใช้ในสถาปัตยกรรมมีความหลากหลายและยังไม่ได้มีการจัดกลุ่มรวบรวมและวิเคราะห์แนวความคิด กระบวนการที่ส่งผลต่อการออกแบบ

4.6 บรรจุภัณฑ์อาหารวัสดุรีไซเคิล

จากการศึกษาบรรจุภัณฑ์ สามารถจำแนกตามวิธีการบรรจุและขนถ่ายได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. บรรจุภัณฑ์ชั้นที่หนึ่ง (Primary Packaging) หรือบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วย (Individual Package) บรรจุภัณฑ์ที่ห่อหุ้มอาหารโดยตรงเป็นชั้นที่สัมผัสกับอาหาร ป้องกันรักษาไม่ให้เกิดความเสียหายและบริโภคได้อย่างสะดวก
2. บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สอง (Secondary Packaging) หรือบรรจุภัณฑ์ชั้นใน (Inner Package) ห่อหุ้มบรรจุภัณฑ์ชั้นที่หนึ่ง มีหน้าที่รวบรวมบรรจุภัณฑ์ชั้นแรกเข้าไว้ด้วยกันเป็นชุด นอกจากป้องกันการเสียหายยังสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับตัวสินค้าช่วยในการขายสินค้าโดยการดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค ตัวอย่างเช่น กล่องใส่อาหารสำเร็จรูปบรรจุภัณฑ์ช่วย
3. บรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง (Shipping Packaging) หรือบรรจุภัณฑ์ชั้นนอกสุด (Out Package) บรรจุภัณฑ์ที่ห่อหุ้มขนาดใหญ่ใช้ในการขนส่ง เช่น ไม้ ไม้ ลัง กล่องกระดาษที่บรรจุสินค้าไว้ในตู้คอนเทนเนอร์



ภาพที่ 10: แสดงลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่จำแนกตามวิธีการบรรจุและขนถ่าย

นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์สามารถตัดแยกได้ตามวัสดุตั้งต้นได้เช่นกัน เมื่อบรรจุภัณฑ์อาหารถูกจำแนกตามวัสดุและแต่ละประเภทมีลักษณะจากการจำแนกข้างต้นส่งผลให้สามารถแยกย่อยจากวัสดุตั้งต้นได้เนื่องการใช้และคุณสมบัติที่ต่างกัน สามารถแบ่งได้ 5 ประเภท ได้แก่

1. บรรจุภัณฑ์กระดาษ นิยมใช้กันมากสำหรับบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งและยังมีหลายชนิด วัสดุที่นำมาผลิตได้แก่เยื่อกระดาษซึ่งมีทั้งเยื่อกระดาษคุณภาพ สำหรับบรรจุภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม เช่น แก้วกระดาษ ถ้วยกระดาษ กล่องข้าวที่สามารถย่อยสลายได้ ส่วนเยื่อกระดาษรีไซเคิล ได้แก่บรรจุภัณฑ์ประเภท กล่องลูกฟูก ถาดไข่ หรือถาดรองแก้วกาแฟ มีน้ำหนักเบา ยืดหยุ่น เปลี่ยนสภาพได้ด้วยวิธีการที่ง่าย ย่อยสลายได้แต่ทนน้ำและสารเคมีต่ำ
2. บรรจุภัณฑ์พลาสติก แบ่งได้หลายประเภทตามข้อกำหนด เช่น พลาสติกกึ่งรูปและพลาสติกอ่อนตัว พลาสติกโปร่งแสงและทึบแสง พลาสติกทนต่อสารเคมีมากและน้อย เนื่องจากพลาสติกถูกจำแนกประเภทใช้ประโยชน์ที่ต่างกัน เช่น ขวดพลาสติก ถ้วยและถาดพลาสติก ปัจจุบันบรรจุภัณฑ์พลาสติกยังใช้ประโยชน์ได้เอนกประสงค์สามารถบรรจุอาหารร้อน อาหารสด และอาหารแช่แข็ง ถือเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีความหลากหลายด้านคุณสมบัติมากที่สุด
3. บรรจุภัณฑ์โลหะ เป็นบรรจุภัณฑ์เป็นวัสดุลำดับแรกที่น่ามาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์แต่ยังคงได้รับความนิยม ลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่ทำมาจากโลหะนั้นมีมากมายหลายรูปแบบ เช่น กระจงเครื่องดื่ม หรืออาหารสำเร็จรูป ถึงหูหิ้ว อลูมิเนียมฟอยล์ หรืออลูมิเนียมแผ่นเปลว และกระจงชนิดพันต่างๆ มีคุณสมบัติที่บ่งแสงมันวาวและแข็งตัวตามความหนาบาง ข้อดีของบรรจุภัณฑ์ชนิดนี้คือ ทนทานต่อการกัดกร่อน หรือมีความทนทานต่อสารเคมีสูงที่สุด
4. บรรจุภัณฑ์แก้วใช้กันทั่วไป เนื่องจากมีความสวยงาม ส่วนมากมักใสและวาว ข้อดีของแก้วก็คือแตกหักง่าย บรรจุภัณฑ์ประเภทนี้ จึงต้องใช้บรรจุภัณฑ์ชั้นในหรือบรรจุภัณฑ์นอกสุดเพื่อป้องกันการเสียหาย สามารถแยกสีหลักได้ดังนี้
 - สีใส นิยมใช้กันมากและใช้กันทั่วไป เช่น ขวดแก้ว ขวดน้ำหอม ขวดน้ำพริก ขวดแยม และอื่นๆ
 - สีอำพัน นิยมใช้ทำขวดยา และขวดเบียร์ ซึ่งเป็นสีที่สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเวลาถูกแสงแดดหรือความร้อน
 - สีเขียว ลักษณะจะคล้ายกับสีอำพัน แต่บรรจุภัณฑ์สีนี้นิยมใช้กับพวกเครื่องดื่ม

5. กรณีศึกษาวัสดุอัฒไคลจากบรรจุภัณฑ์อาหารในงานสถาปัตยกรรม

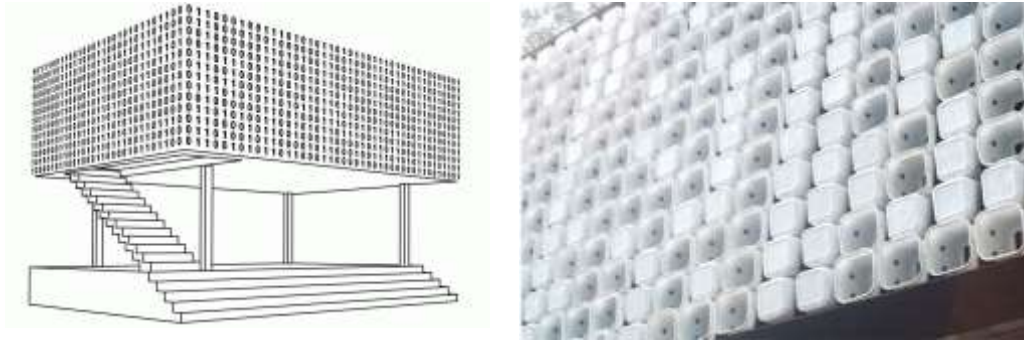
5.1 โครงการ Microlibrary, Indonesia สถาปนิก SHAU Bandung

แม้ว่าการคาดการณ์ทางเศรษฐกิจของอินโดนีเซียจะเป็นไปในด้านดี แต่โครงสร้างพื้นฐานในปัจจุบันไม่สนับสนุนการปรับปรุงการพัฒนามนุษย์ นักเรียนที่กระตือรือร้นในการเรียนรู้ถูกกีดกันจากการขาดสิ่งอำนวยความสะดวก ห้องสมุดไม่ได้รับความนิยม บทบาทของการออกแบบที่สวยงามสามารถทำให้ห้องสมุดน่าสนใจอีกครั้ง และที่ตั้งห้องสมุดที่อยู่เฉพาะในเมืองควรถูกกระจายออกไปให้ไกลบ้านมากยิ่งขึ้น อาคารแห่งนี้ตั้งอยู่ในพื้นที่สาธารณะของชุมชนขนาดเล็กที่เป็นเวทีมามาก่อน ซึ่งใช้สำหรับการพบปะทำกิจกรรมสังสรรค์และกิจกรรมกีฬา ความตั้งใจของผู้ออกแบบคือต้องการเพิ่มแทนที่จะลดหรือรื้อทิ้ง ดังนั้นจึงปรับปรุงเวทีให้สามารถกันฝนได้โดยคลุมในรูปแบบของกล่องห้องสมุดลอย



ภาพที่ 11: แสดงภาพโครงการ Microlibrary, Indonesia

อาคารนี้สร้างขึ้นจากโครงสร้างเหล็ก I-beams และแผ่นพื้นคอนกรีตในส่วนประกอบพื้นและหลังคา เวกที่ถูกทำใหม่ด้วยคอนกรีตและมีบันไดกว้าง เนื่องจากอาคารตั้งอยู่ในภูมิอากาศแบบเขตร้อนจึงมุ่งสร้างภูมิอากาศในร่มที่สวยงามโดยไม่ต้องใช้เครื่องปรับอากาศ ดังนั้นจึงมีการศึกษาวัสดุด้านหน้าอาคารที่มีอยู่ในบริเวณใกล้เคียง ซึ่งคุ้มค่าการลงทุน สามารถบังแดดภายในอาคารให้แสงส่องผ่านตอนกลางวัน เริ่มแรกค้นพบกระป๋องใส่เจลลี่ สีขาวและโปร่งแสง แต่ก่อนการก่อสร้างกระป๋องเมื่อคัดแยกวัสดุกระป๋องเจลลี่ไม่สามารถหาได้ในปริมาณที่เราการ แต่พบว่าถังไอศกรีมพลาสติกใช้แล้วซึ่งมีในปริมาณมาก สิ่งนี้กลับกลายเป็นสิ่งที่ดีกว่าเนื่องจากมีความเสถียรมากขึ้น ในขณะที่ศึกษาตัวเลือกการออกแบบของวิธีการจัดเรียงถังไอศกรีมลักษณะถังปิดและเปิดต่างกัน หน่วยที่ไม่แสดงเป็นศูนย์ (เปิด) และหน่วยที่ถูกเลือก (ปิด) ดังนั้นจึงทำให้เกิดโอกาสที่จะฝังข้อความในวัสดุผนังชนิดนี้ได้ “buku adalah jendela dunia” ความหมายของหนังสือคือหน้าต่างสู่โลก ข้อความที่สามารถอ่านได้เริ่มต้นจากด้านบนซ้าย (หันหน้าไปทางด้านหน้า) และวนรอบซ้ายไปจรดอีกฝั่งเป็น *แพทเทิร์น* ของอาคารที่ไม่เพียงให้ความหมายเพิ่มเติมกับอาคารเท่านั้น แต่ถ้ายังสร้างบรรยากาศของแสงในร่มที่น่ารื่นรมย์เนื่องจากถังมีความโปร่งแสงทำหน้าที่เป็นหลอดไฟจากธรรมชาติ

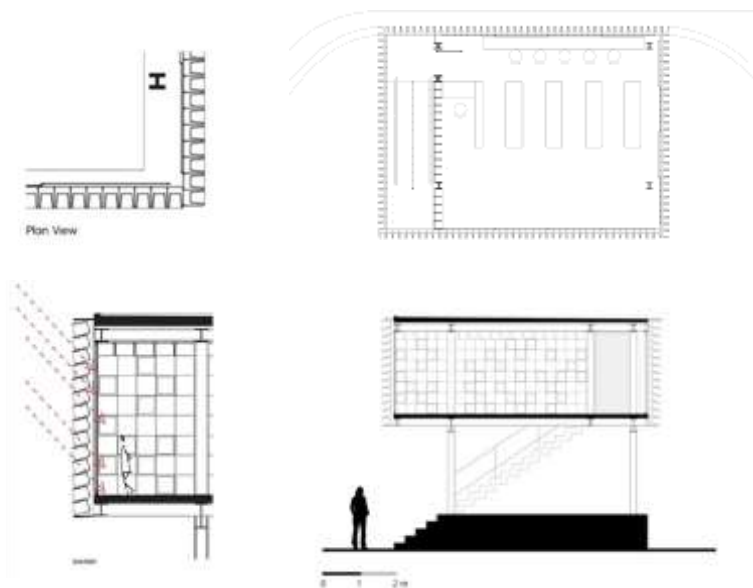


ภาพที่ 12: แสดงภาพวัสดุอู่ไฟเซลล์โครงการ Microlibrary, Indonesia



ภาพที่ 13: แสดงภาพบรรยากาศภายในโครงการ Microlibrary, Indonesia

การก่อสร้าง ถังไอศกรีมถูกวางไว้ในระหว่างซี่โครงเหล็กในแนวตั้งจากพื้นถึงหลังคาและเอียงลาดไปทางด้านนอก เพื่อกันฝนสำหรับพายุฝนในเขตร้อนที่รุนแรง ประตูบานเลื่อนโปร่งแสง การติดตั้งถึง 2,000 ถัง การติดตั้งและเจาะบริเวณกันถึงมากกว่าครึ่งหนึ่งนั้นใช้เวลานาน อย่างไรก็ตามช่างฝีมือท้องถิ่นมีเครื่องมือที่สามารถเจาะตัดให้เร็วและง่ายขึ้นในขณะเดียวกันยังคงความ เสถียรแม้เป็นงานทำมือ



ภาพที่ 14: แสดงภาพบรรยากาศภายในโครงการ Microlibrary, Indonesia

5.2 โครงการ Kotakrat Pavilion, Indonesia สถาปนิก PARISAULI ARSITEK STUDIO

สุเหร่าขนาดเล็กที่ปรากฏในพื้นที่สาธารณะสามารถสนองความต้องการของชาวมุสลิม คือ การอธิฐาน 5 ครั้งต่อวัน ซึ่งสามารถใช้งานได้ตลอดเวลาเป็นความพยายามหนึ่งที่จะทำให้พื้นที่แห่งความเมตตาดำรงอยู่ในสังคมผ่านรูปแบบสถาปัตยกรรมได้รับการยอมรับและกลายเป็นส่วนหนึ่งของสังคม ภายใต้แนวคิดขยะรอบตัวมีศักยภาพมหาศาล และสามารถกู้วัสดุจากหลุมฝังกลบเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ซ่อมแซมหรืออัพไซเคิลเป็นวัสดุที่มีประโยชน์อีกครั้งได้ วัสดุแต่ละประเภทมีความสามารถในการก้าวข้ามจุดประสงค์ดั้งเดิมซึ่งบางครั้งไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนรูปแบบ

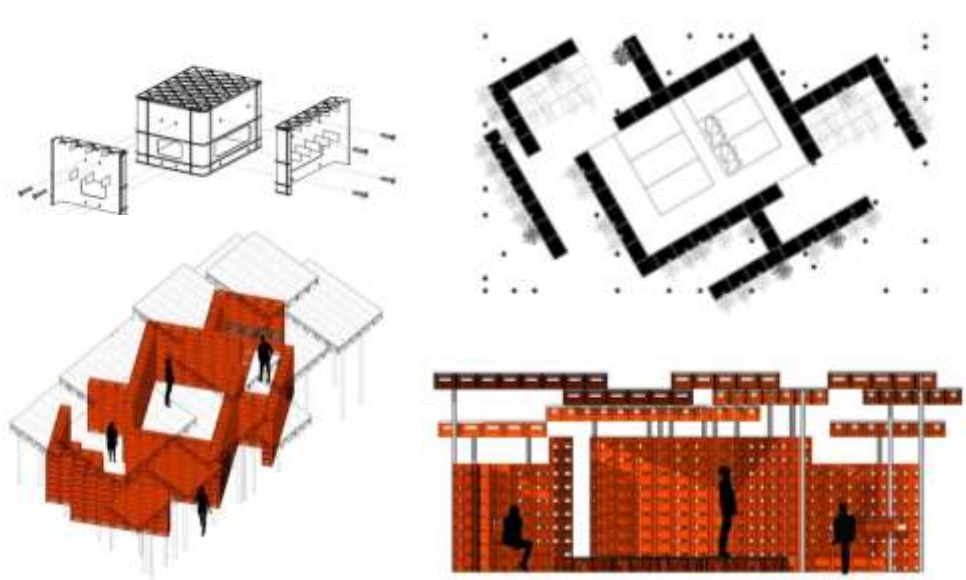


ภาพที่ 15: แสดงภาพโครงการ Kotakrat Pavilion

การออกแบบได้รับแรงบันดาลใจบางส่วนจากการรับรู้ว่าถังพลาสติกไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมพบเห็นได้ทั่วประเทศ ถูกทิ้งเมื่อไม่ต้องการ แต่สามารถใช้วิธีการที่ง่ายมากแปลงมันให้เป็นสิ่งที่มีประโยชน์อย่างแท้จริง สถาปนิกชี้ให้เห็นว่าพลาสติกมีความทนทานพอที่จะเป็นองค์ประกอบในงานสถาปัตยกรรม เนื่องจากวางซ้อนกันได้พอดีชั้นและหลังจากถูกยึดเข้าด้วยกันและรองรับด้วยเสาและเฟรมเหล็กกล้าเหล่านี้กลายเป็นองค์ประกอบโครงสร้างที่มีฟังก์ชันที่เป็นไปได้มากมาย สถาปนิกไม่จำกัดอยู่เพียงแคเป็นกำแพง แต่เป็นทั้งชั้นวางต้นไม้ และวางสิ่งของ



ภาพที่ 16: แสดงภาพบรรยากาศภายในโครงการ Kotakrat Pavilion

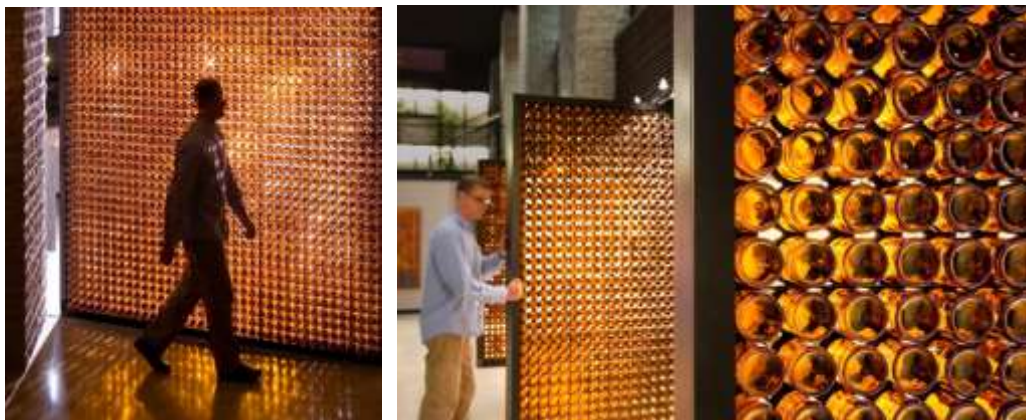


ภาพที่ 17: แสดงภาพรายละเอียดโครงการ Kotakrat Pavilion

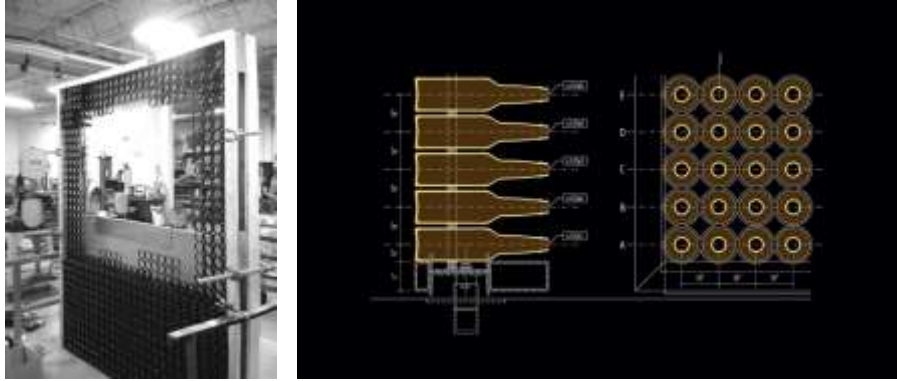
รูปแบบโมดูลาร์เกิดจากสิ่งสร้างรูปแบบและการใช้งานหลากหลาย นอกจากนี้รูปแบบ *โมดูลาร์* แยกส่วนของโครงการทำให้ง่ายต่อการถอดแยกซึ่งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญในสถาปัตยกรรมและการออกแบบที่ยั่งยืน ถ้าไม่จำเป็นต้องใช้พื้นที่อิฐฐานอีกต่อไปจะสามารถแยกวัสดุส่งไปที่อื่นและสร้างเป็นรูปร่างใหม่เพื่อจุดประสงค์ใหม่ทั้งหมด จากสิ่งพลาสติกที่ย่อยสลายยาก แสดงให้เห็นศักยภาพอีกด้านของวัสดุที่มีความทนทานต่อแสงธรรมชาติ

โครงการ The Blatz, USA สถาปนิก Johnsen Schmalig Architects

โรงเบียร์ Blatz ของ Milwaukee เป็นหนึ่งในโรงเบียร์ที่เก่าแก่ที่สุดและเก่าแก่ที่สุดของเมืองจตุรัสเบียร์ประวัติศาสตร์แห่งชาติ ตั้งอยู่ในบริเวณรอบนอกตอนเหนือของตัวเมือง สร้างขึ้นระหว่างปี 1851 และ 1910 เสาหินขนาดใหญ่ก่ออิฐได้รับการเพิ่มเติมและการดัดแปลงในช่วงปี 1980 เพื่อรองรับพาร์ทเมนท์และสำนักงาน แต่ต่อมาก็ดกอยู่ในสภาพทรุดโทรมและการทำงานกับงบประมาณที่จำกัด



ภาพที่ 18: แสดงภาพบรรยากาศภายในโครงการ The Blatz



ภาพที่ 19: แสดงภาพรายละเอียดโครงการ The Blatz

ประตูดวงบานหมุน ประกอบด้วยกรอบอลูมิเนียมและขวดเบียร์เปล่าที่วางซ้อนกันในแนวนอน 1,590 ขวดบางขวดเป็นขวด Blatz ดั้งเดิมที่พบในท้องใต้ดินของโรงเบียร์เก่านี้ ขวดซึ่งเป็นวัสดุที่มีอยู่ในพื้นที่ไม่ได้ถูกปรับเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพใด แต่ได้รับการคิดการประกอบยึดไว้ด้วยห่วงจากยางถูกแขวนระหว่างเฟรมอลูมิเนียมเรียงต่อกันจนเต็มกรอบกลายเป็น **แพทเทิร์น** ขวดสีน้ำตาลอำพันส่องสว่างทุกด้านสะท้อนอยู่ในพื้นคอนกรีตขัดมัน แต่ละประตูดวงหมุนรอบแกนกลาง ดังนั้นจึงมีความยืดหยุ่นในการใช้พื้นที่

5.3 โครงการ Reptilia, Chile สถาปนิก Tetralux

Reptilia พื้นที่พักผ่อนที่ออกแบบและสร้างขึ้นในบริบทของงาน Reptilia Festival de las Artes 2014 สถาปัตยกรรมนี้สร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ที่มากเกินไป ประกอบกับในปัจจุบันมลภาวะส่วนเกินจากของเสีย และการขาดพื้นที่พักผ่อนหย่อนใจ ผู้ออกแบบต้องการมีส่วนร่วมช่วยในการลดขยะ และให้พื้นที่สาธารณะสำหรับการพักผ่อนสร้างความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมจากสถาปัตยกรรม

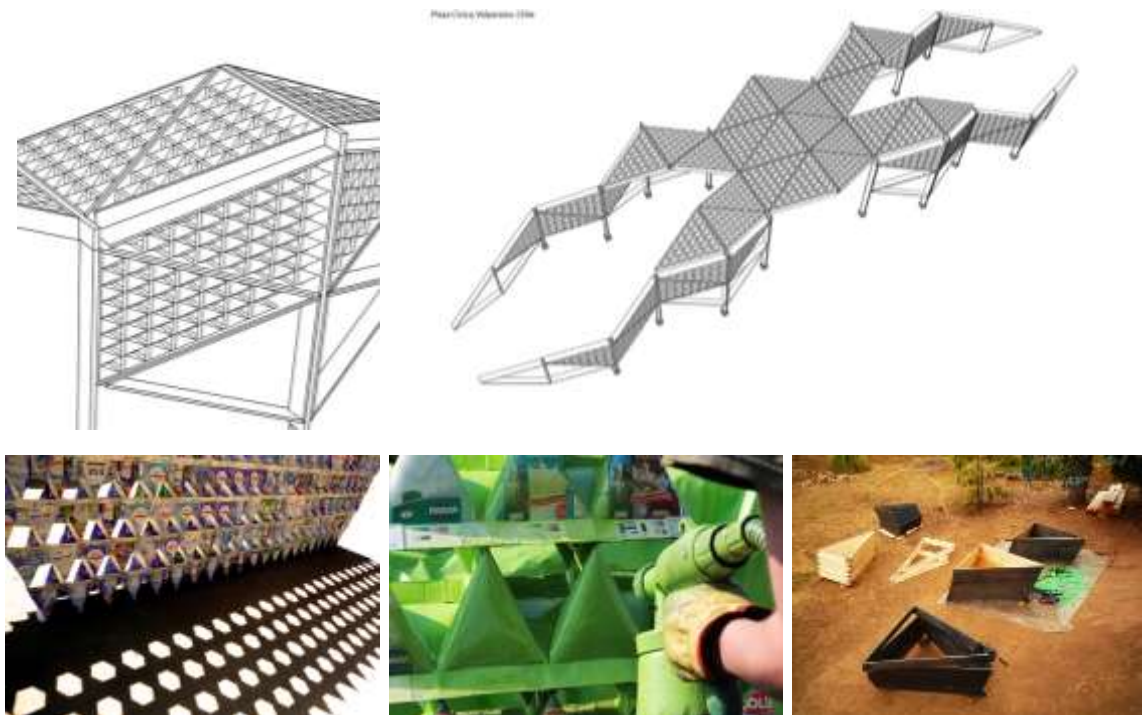


ภาพที่ 20: แสดงภาพโครงการ Reptilia



ภาพที่ 21: แสดงภาพบรรยากาศภายในโครงการ Reptilia

สถาปนิกนำกล่องนมกลับมาใช้ใหม่โดยการพัฒนากระบวนการก่อสร้างที่ และสามารถทำการตลาดได้ความสามารถในการสร้างพื้นที่สาธารณะที่ร่มรื่นสำหรับเมือง ระบบเกิดขึ้นจากกรอบรูปสามเหลี่ยมที่ล้อมรอบแผงนมกล่องทำให้มีความแข็งแรงของโครงสร้างและความเป็นไปได้ในการประกอบด้วย *โมดูลาร์* ที่เหมือนกันในตำแหน่งต่างๆ เป็นการติดตั้งชั่วคราวที่ใช้เวลาเพียง 4 วันซึ่งนำไปสู่การออกแบบระบบการก่อสร้างแบบสำเร็จรูป โครงสร้างจะประกอบในสองวันและรื้อออกในครึ่งวัน โครงสร้างประกอบด้วยกรอบไม้รูปทรงสามเหลี่ยมที่เต็มไปด้วยแผงที่สร้างขึ้นด้วยกล่องนมกลับมาใช้ใหม่ ใช้เครื่องเย็บกระดาษเพื่อติดกล่องนมเข้าด้วยกัน และพ่นสีทึบเพิ่มความสวยงามและเป็นหนึ่งเดียวจึงประกอบเข้ากับกรอบไม้ ก่อนนำมาติดตั้งในสถานที่ทั้งหมด 66 โมดูลสามเหลี่ยมซึ่ง 46 โมดูลเต็มไปด้วยแผงที่ทำจากกล่องนมกลับมาใช้ใหม่



ภาพที่ 22: แสดงภาพรายละเอียดโครงการ Reptilia

6. การอภิปรายผล

ความเห็นของผู้วิจัยนั้น การศึกษาทฤษฎีและที่มาของการอัปไซเคิล ส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถกำหนดจุดเปลี่ยนผ่านระหว่างการใช้ซ้ำ (Reuse), รีไซเคิล (Recycle), และอัปไซเคิล (Up-cycle) โดยพิจารณาจาก 3 ประการดังนี้

การใช้งาน	กระบวนการการใช้ซ้ำ (Reuse) การใช้งานจะคงหน้าที่เดิม กระบวนการรีไซเคิล (Recycle) สามารถใช้งานได้ทั้งในหน้าที่เดิมและหน้าที่ใหม่ กระบวนการอัปไซเคิล (Up-cycle) จะถูกใช้งานในหน้าที่ใหม่
กายภาพ	กระบวนการการใช้ซ้ำ (Reuse) ลักษณะทางกายภาพคงเดิม คุณภาพลดลง กระบวนการรีไซเคิล (Recycle) ลักษณะทางกายภาพเปลี่ยนไป คุณภาพเท่าเดิมหรือลดลง กระบวนการอัปไซเคิล (Up-cycle) ลักษณะคงเดิม หรือเปลี่ยนเล็กน้อยจากวิธีการแปรสภาพ คุณภาพดี
วิธีการแปรสภาพ	กระบวนการการใช้ซ้ำ (Reuse) ทำความสะอาด และซ่อมแซม กระบวนการรีไซเคิล (Recycle) บด เชื่อม หลอม และอัดรีด กระบวนการอัปไซเคิล (Up-cycle) ตัด อัด ร้อย มัด ผูก สาน ตัด บิด เจาะ ม้วน พัน และเย็บ
มูลค่า	กระบวนการการใช้ซ้ำ (Reuse) เท่าเดิม กระบวนการรีไซเคิล (Recycle) เท่าเดิมหรือลดลง กระบวนการอัปไซเคิล (Up-cycle) เพิ่มมากขึ้น

การใช้งานและลักษณะทางกายภาพมีความสอดคล้องกับผู้วิจัยอื่นให้ความหมาย ซึ่งลักษณะทางกายภาพของวัสดุจะไม่เปลี่ยนไปหรือเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อยยังคงรับรู้ได้ถึงที่มาหรือการใช้งานเดิม ซึ่งวิธีการต้องประหยัดพลังงานและสร้างมลพิษน้อยที่สุดส่งผลให้ วิธีการแปรสภาพ (Transform) ด้วยการบด เชื่อม หลอม และอัดรีด ไม่เข้าข่ายการแปรสภาพในกระบวนการอัปไซเคิล (Upcycle)

จากการศึกษากระบวนการอัปไซเคิล (Upcycle) ผู้วิจัยพบว่ามีความแตกต่างในลำดับขั้นตอนเนื่องจากทั่วไปจะเริ่มคัดแยกวัสดุก่อนและคิดวิธีการนำไปใช้ แต่สำหรับในงานสถาปัตยกรรมจะกำหนดลักษณะของวัสดุที่มีศักยภาพตามที่ต้องการถึงจะเกิดการคัดแยกและพัฒนาเพื่อนำมาใช้ โดยขั้นตอนการคัดแยกทั่วไปสามารถคัดแยกวัสดุจากสี ขนาด ประเภท หรือข้อกำหนดเพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่งได้ แต่สำหรับวัสดุที่จะใช้ในงานสถาปัตยกรรมการคัดแยกขนาดและประเภทมีความสำคัญเนื่องจากวัสดุจะถูกรวมกันเป็นจำนวนมากให้มนุษย์สามารถเข้าไปใช้งานได้ เพื่อง่ายในการก่อสร้างวัสดุที่เป็นประเภทเดียวกันหรือ ขนาดเท่ากันส่งผลให้การจัดการง่ายขึ้น

จากกรณีศึกษาอาคารที่ใช้วัสดุอัปไซเคิล (Upcycle) จะมีการจัดการวัสดุด้วยการคิดรายละเอียดวิธีการก่อสร้างใหม่เนื่องจากวัสดุมีศักยภาพเพียงพอที่จะเป็นวัสดุในงานสถาปัตยกรรมได้ แต่ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อใช้การคิดวิธีการประกอบวัสดุ จึงมีความสำคัญ แต่มีลักษณะที่เหมือนกันบางอย่างคือการทำซ้ำอาจเกิดจากการคัดแยกวัสดุที่เป็นประเภทเดียวกันหรือขนาดเท่ากัน และมีการสร้างกรอบเพื่อรวมวัสดุเข้าด้วยกัน ซึ่งวัสดุอัปไซเคิล (Up-cycle) ถูกใช้มากในอาคารสาธารณะที่จะถูกกระจายแพร่ในพื้นที่ในชุมชนเนื่องจากวิธีการก่อสร้างง่ายและใช้งบประมาณน้อย แต่มีผลมากในการสร้างบรรยากาศ โดยเฉพาะวัสดุตั้งต้นจากบรรจุภัณฑ์อาหารที่ถูกใช้จำนวนมากมีความโปร่งแสง

บรรณานุกรม

- สิงห์ อินทรชูโต. (2558). **Upcycling : พัฒนาเศษวัสดุอย่างสร้างสรรค์**. กรุงเทพฯ: พัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, สนง.
- สุชา กิตติรัตน์และภุชิต เลิศวัฒนารักษ์. (2555). **การจัดการเพื่อลดเศษวัสดุก่อสร้างในงานสถาปัตยกรรมของบ้านพักอาศัยขนาดเล็ก**. วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง. ปีที่ 9 (ฉบับที่ 2): 81-94
- โชคดี ยี่แพร์. (2554). **การจัดการขยะจากการก่อสร้างเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน**. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 มกราคม 2563, จาก <https://www.tci-thaijo.org/index.php/stou-sms-pr/article/view/11941>
- อภิสทิธี ไสค์ตรูไกล. **หรือจะปล่อยให้เสียของ?**. คิด Creative Thailand. ปีที่ 5 (ฉบับที่ 5): 12-16
- Hill, T. (2010). **The Everything Green Classroom Book: From recycling to conservation**. all you need 10 Create an eco-friendly learning environment. F + W Media.
- Kane. G. (2010). **The Three Secrets of Green Business: Unlocking Competitive Advantage in a Low Carbon Economy**. Earthscan.
- Mark Gorgolewski. (2561). **Resource Salvation The Architecture Of Reuse**. n.p.
- McDonough, W. and Braungart, M. (2002). **Cradle to Cradle: Remaking the way we Make Things** Farrar. Straus and Giroux.
- Postell, J. and Gesimondo, N. (2011). **Materiality and Interior Construction**. Wiley