



ผศ.ดร.อรรถน์ เศรษฐบุตร
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



บ้านประกอบสำเร็จหรือ บ้าน Knock Down

เนื่องด้วยสภาพเศรษฐกิจสังคมไทยที่มีพัฒนา มาอย่างต่อเนื่อง ทำให้รายได้ต่อหัวของคนไทยมีสูงขึ้น ทำให้เกิดความต้องการอาคารและที่อยู่อาศัยที่มากขึ้นตาม สภาพเศรษฐกิจและสังคม ในขณะที่กระบวนการก่อสร้าง วัสดุค่าก่อสร้าง ค่าแรง และต้นทุนโครงการก็สูงขึ้น อีกทั้ง ยังส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมาจากพื้นที่ก่อสร้าง จำนวนมาก ได้สร้างมลพิษไม่ว่าจะเป็นขยะ ฝุ่น เสียงที่แยกต่อ การควบคุมได้ในพื้นที่ก่อสร้าง ในขณะที่แรงงานด้านก่อสร้าง เริ่มขาดแคลน โดยเฉพาะแรงงานฝีมือดี ยังส่งผลให้เกิด ปัญหาในเรื่องคุณภาพของงานก่อสร้างและการทิ้งงานของ ผู้รับเหมาก่อสร้างมากขึ้นตามมาอีกด้วย ด้วยปัจจัยที่กล่าวมา ข้างต้น ทำให้มีการศึกษาค้นคว้าทดลอง เทคนิคการก่อสร้าง ที่จะทำให้เกิดความรวดเร็วในการก่อสร้าง เพื่อจะลดต้นทุน ด้านเวลา การแก้ไขเรื่องปัญหาคุณภาพงานก่อสร้าง จากการขาดแคลนแรงงานฝีมือจนไปถึงผู้รับเหมาก่อสร้าง ทิ้งงาน รวมทั้งปัญหามลพิษที่เกิดจากการก่อสร้างไม่ว่า จะเป็นขยะ ฝุ่น หรือเสียง และอื่นๆ อีกหลายด้าน

การพัฒนากระบวนการก่อสร้างจากชิ้นส่วนสำเร็จรูป ทั้งระบบ Prefabrication จนไปถึง ระบบ Knock Down เป็น นวัตกรรมด้านเทคโนโลยีการก่อสร้าง ที่ตอบโจทย์ปัญหา ดังกล่าวข้างต้น ทั้งในเรื่องเวลาการก่อสร้าง เรื่องปัญหา คุณภาพงานก่อสร้าง ผู้รับเหมาก่อสร้างที่ทิ้งงาน รวมทั้ง มลพิษต่างๆ ที่เกิดจากการก่อสร้าง โดยอาศัยการเตรียม ชิ้นงานต่างๆ ด้วยระบบการผลิตแบบอุตสาหกรรมจากโรงงาน ที่ผลิตชิ้นส่วน ที่จะช่วยควบคุมคุณภาพงานให้แก่ละชิ้นงาน มีคุณภาพที่ดีไม่แตกต่างกัน และทำให้สามารถควบคุมเศษขยะ วัสดุเหลือทิ้ง การจัดการมลพิษในพื้นที่ปิดของโรงงานได้ ง่ายกว่าพื้นที่เปิดที่หน้างานก่อสร้าง อีกทั้งยังสามารถ ควบคุมเวลาในการผลิตชิ้นส่วนก่อสร้างต่างๆ ได้ดีกว่าการ ก่อสร้างที่หน้างานก่อสร้างด้วย



แม้แนวคิดในการพัฒนาระบบการก่อสร้างแบบ Prefabrication จนถึง ระบบ Knock Down จะช่วยแก้ปัญหา ต่างๆ ของอุตสาหกรรมการก่อสร้างได้ แต่ในทางปฏิบัติจริง ยังมีปัญหาอีกหลายประการ เช่น ผู้ประกอบการ / ผู้รับเหมา บางส่วนที่มีมุมมองคิดเพียงลดต้นทุน โดยขาดการคำนึงถึง คุณภาพและความแข็งแรง ความแม่นยำในการติดตั้งของ ชิ้นส่วนสำเร็จต่างๆ ที่หน้างานหลายส่วนหลายแห่งยังมีน้อย และต้องอาศัยลักษณะการทำงานก่อสร้างปรับตามสภาพ หน้างานเป็นจำนวนมาก เนื่องจากการจัดเตรียมสภาพงาน หน้างาน การบริหารโครงการที่ยังไม่ดี ทำให้คุณภาพการติดตั้ง งานก่อสร้างจากชิ้นส่วนสำเร็จที่ได้เตรียมไปจากโรงงาน เกิดปัญหาในการเชื่อมต่อประสาน ส่งผลให้คุณภาพงาน ก่อสร้างที่ไม่ดีได้ แนวคิดของการพัฒนาระบบการก่อสร้าง ด้วยชิ้นส่วนสำเร็จ จนถึงการประกอบและถอดประกอบ จะช่วยสร้างมาตรฐาน คุณภาพ และแนวทางในการพัฒนา อุตสาหกรรมการก่อสร้างโดยรวม ที่ตอบโจทย์ในเรื่องปัญหา การขาดแคลนแรงงานฝีมือ คุณภาพงานก่อสร้างที่ไม่ดีจาก การจัดการที่ไม่ดีจนลามไปถึงการทิ้งงานของผู้รับเหมาก่อสร้าง และการควบคุมมลพิษต่างๆ ที่เกิดจากการก่อสร้าง ซึ่งจะมี ส่วนที่จะช่วยสร้างกลไกในการสร้างเทคโนโลยี สำหรับการ พัฒนาที่ยั่งยืนสำหรับสังคมไทยในอนาคตต่อไป

บทบาทของการเคหะแห่งชาติ ต่อบ้าน Knockdown

ในปี 2558 การเคหะแห่งชาติได้มอบหมายให้จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำการศึกษาวิจัย “โครงการศึกษาการจัดทำบ้านประกอบสำเร็จ (Knock Down) เพื่อเป็นที่อยู่อาศัยสำหรับประชาชน” ซึ่งครอบคลุมการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการทั้งทางด้านเทคนิค การเงิน และด้านสังคม รวมทั้งความเป็นไปได้ในการร่วมมือกับภาคเอกชน จนถึงการออกแบบจัดทำแบบบ้าน และประเมินราคา จำนวน 12 แบบบ้าน สำหรับ 4 ภูมิภาคของประเทศ โดยแบบบ้านทั้งหมดนี้จะคำนึงถึงลักษณะเฉพาะทางด้านภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ความเชื่อ และลักษณะสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่จะต้องสอดคล้องกับการดำรงชีวิตในปัจจุบัน มีราคาประหยัด ก่อสร้างง่าย มีความน่าอยู่น่าสบาย ประหยัดพลังงาน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการทางด้านเทคนิค คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเก็บข้อมูลเทคโนโลยีการผลิตวัสดุสำเร็จรูปจากผู้ผลิตวัสดุต่างๆ ในประเทศ เช่น ผู้ผลิตโครงสร้างเหล็กสำเร็จรูป โครงสร้างแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป แผ่นผนังเบาสำเร็จรูป ทั้งแบบแซนดวิชพาแนล และแบบฉีตพ่น โดยได้เข้าทำการสัมภาษณ์ผู้ผลิต และเข้าดูงานโรงงานผลิตในประเทศ โดยนอกจากนี้ ยังได้นำคณะเจ้าหน้าที่จากการเคหะแห่งชาติเข้าเยี่ยมชมโรงงานผลิตชิ้นส่วนก่อสร้างเหล็กสำเร็จรูปของบริษัทต่างๆ ในประเทศไทย ซึ่งพบว่าหลายบริษัทมีศักยภาพในการผลิตโครงสร้างบ้านสำเร็จรูป เพราะมีกำลังผลิตที่พร้อมรองรับความต้องการสินค้าเป็นปริมาณมาก และมีช่องทางจัดส่งสินค้า การจัดจำหน่าย และการเก็บสินค้ากระจายอยู่ทุกภาคทั่วประเทศ

ทางด้านการเงิน คณะผู้วิจัยได้ทำการสำรวจ เก็บข้อมูลผู้ผลิตและผู้ขายบ้านน็อคดาวน์ต่างๆ ในประเทศเพื่อวิเคราะห์รูปแบบการออกแบบบ้าน ขนาดตัวบ้าน การจัดพื้นที่ใช้สอย



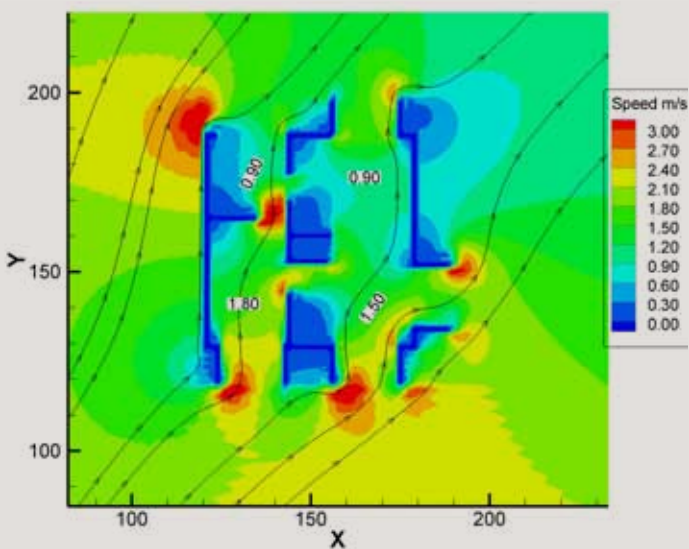
ของบ้าน และราคาขาย เพื่อทำการเทียบเคียงกับตลาดที่มีอยู่ และเพื่อกำหนดทิศทางการออกแบบบ้านน็อคดาวน์ของการเคหะแห่งชาติให้มีระดับราคาที่ไม่ใกล้เคียงกัน และมีรูปแบบการจัดวางพื้นที่ใช้สอยใกล้เคียงกัน

ทางด้านสังคม คณะผู้วิจัยได้ทำการสำรวจความคิดเห็นของประชาชนต่อบ้านน็อคดาวน์ โดยใช้วิธีสุ่มถามด้วยแบบสอบถามในประเด็นต่างๆ เช่น ความรู้สึกโดยรวมต่อบ้านน็อคดาวน์เมื่อเทียบกับบ้านทั่วไป ความคาดหวังทางด้านราคา การออกแบบพื้นที่ใช้สอย ความมั่นคงแข็งแรง และคติความเชื่อทางด้านโชคลาภต่างๆ ซึ่งพบว่ากลุ่มตัวอย่างไม่ได้มีความรู้สึกในแง่ลบกับบ้านน็อคดาวน์หากสามารถก่อสร้างบ้านให้มีความรู้สึกถึงความมั่นคงแข็งแรงปลอดภัยได้เหมือนบ้านทั่วไป โดยกลุ่มตัวอย่างคาดหวังว่าบ้านน็อคดาวน์จะมีข้อได้เปรียบเรื่องระยะเวลาการก่อสร้างที่รวดเร็วกว่า ราคาที่ต่ำกว่า และสามารถควบคุมคุณภาพการก่อสร้างได้ดีกว่าบ้านสั่งสร้างทั่วไป ทางด้านรูปปลั๊กชันของบ้าน กลุ่มตัวอย่างไม่ได้แสดงความต้องการพิเศษเกี่ยวกับลักษณะความเป็นพื้นถิ่นหรือเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมตามชุมชนต่างๆ ทางด้านคติความเชื่อต่างๆ กลุ่มตัวอย่างไม่ได้รู้สึกถึงความไม่เป็นมงคลใดๆ หากจะต้องอยู่อาศัยในบ้านน็อคดาวน์ เพียงแต่จะต้องไม่มีลักษณะที่ไม่เป็นมงคลใดๆ ที่ห้ามมิในการพิจารณาออกแบบก่อสร้างบ้านทั่วไป

ทั้งนี้ เพื่อให้การออกแบบบ้านมีความสอดคล้องกับบริบททางด้านสิ่งแวดล้อมกายภาพ และวัฒนธรรมตามภูมิภาคต่างๆ ของประเทศ คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลลักษณะสภาพภูมิอากาศ 4 ภูมิภาคของประเทศไทย โดยศึกษาข้อมูลลักษณะอากาศจาก 4 จังหวัดตัวแทน ได้แก่ กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ อุบลราชธานี และสงขลา และพบว่าลักษณะอากาศของภาคใต้เป็นลักษณะอากาศเฉพาะที่แตกต่างจากภาคอื่นๆ อย่างชัดเจนในเรื่องของความชื้นและปริมาณน้ำฝน ในขณะที่ภาคเหนือจะมีลักษณะอากาศหนาวเย็นมากกว่าภาคอื่นๆ เป็นพิเศษ ผลการวิเคราะห์สภาพอากาศดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้ในการออกแบบบ้านให้มีการป้องกันแดด ลม ฝน และเพิ่มการระบายอากาศธรรมชาติเพื่อสร้างความน่าสบายต่อไป นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยยังได้ทำการศึกษาลักษณะเด่น และอัตลักษณ์การออกแบบสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นจากภาคต่างๆ มาประกอบเป็นแนวทางการออกแบบบ้าน โดยทำการศึกษาเอกสารข้อมูล ตำรา งานวิจัยต่างๆ รวมทั้งการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านสถาปัตยกรรมไทยพื้นถิ่นเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของบ้านพื้นถิ่น ทางด้านการจัดวางพื้นที่ใช้สอย วัสดุการก่อสร้าง สัดส่วนรูปทรงหลังคา รวมทั้งการตกแต่งประดับประดาต่างๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับบ้านสมัยใหม่ได้

ทฤษฎีของบ้าน Knock Down

ทฤษฎีของการออกแบบก่อสร้างบ้าน Knock Down หรือบ้านถอดประกอบได้ คือแนวคิดเรื่องการประยุกต์ระบบการผลิตทางอุตสาหกรรมแบบ Capital Intensive ที่ขึ้นตรงกับการผลิตแบบรวมศูนย์ที่โรงงานแล้วจึงนำไปใช้ในจุดที่ต้องการใช้งาน ซึ่งแตกต่างกับการผลิตแบบ Labor Intensive ที่เน้นการผลิตที่สถานที่ที่ใช้งาน จึงต้องมีแรงงานที่มีฝีมือและเครื่องจักรกระจายอยู่ตามสถานที่ก่อสร้าง ทำให้การผลิตไม่มีประสิทธิภาพ เสียเวลาเคลื่อนย้ายแรงงานและเครื่องจักร สูญเสียเศษวัสดุ เพราะไม่คุ้มค่าต่อการขนส่งวัสดุกลับไปโรงงานผลิต และในที่สุดก็ทำให้ค่าก่อสร้างของบ้านที่เป็น Labor Intensive สูงขึ้น ดังนั้น หากการผลิตบ้าน Knock Down ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาของการผลิตแบบ Labor Intensive สิ่งที่ได้จากการพัฒนาระบบ Knock Down ก็ต้องแก้ปัญหาทุกข้อของการก่อสร้างแบบเดิมได้ ซึ่งก็คือบ้าน Knock Down ที่จะพัฒนาขึ้นจะต้องปราศจากสิ่งต่อไปนี้



ความจำเป็นที่จะต้องมีแรงงานที่มีฝีมือประจำ ณ สถานที่ก่อสร้าง

ความจำเป็นที่จะต้องมีเครื่องมือผลิตหรือติดตั้งที่ซับซ้อนราคาแพง ณ สถานที่ก่อสร้าง

ความจำเป็นที่จะต้องขนขะหรือเศษวัสดุออกจากสถานที่ก่อสร้างบ้าน

ความจำเป็นที่จะต้องอาศัยผู้ออกแบบเพื่อปรับแก้หน้างานก่อสร้าง

นอกจากนี้ ทฤษฎีของบ้าน Knock Down จะเน้นเรื่องความพิเศษของระบบบ้าน Knock Down ที่สามารถถอดได้แล้วประกอบใหม่ได้อีกครั้ง จึงหมายความว่าบ้านที่จะสร้างนี้จะต้องมีน้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายไปประกอบได้อีกหลายๆ ครั้ง และปราศจากวัสดุเคลือบหรือวัสดุหล่อที่ทำให้ชิ้นส่วนต่างๆ หลอมเป็นเนื้อเดียวกัน ด้วยเหตุนี้ทฤษฎีของบ้าน Knock Down จึงเป็นทฤษฎีที่มีความเกี่ยวข้องกับทฤษฎีของความยั่งยืน (Sustainability) หรือการก่อสร้างอาคารเขียว (Green Building) อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (อรรรจน์ เศรษฐบุตร, 2557) บ้าน Knock Down ที่กำลังจะผลิออกมาจึงไม่เพียงช่วยประหยัดวัสดุหรือพลังงานในการผลิตวัสดุอย่างเดียว แต่ต้องพิจารณาถึงพลังงานที่ใช้ หรือการปล่อยคาร์บอนตลอดชั่วอายุ (Life-cycle carbon emission) บ้าน Knock Down ที่จะพัฒนานี้จึงต้องคำนึงความน่าอยู่น่าสบายเพื่อให้ผู้อยู่อาศัยสามารถลดการใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานตลอดชั่วอายุของบ้าน ซึ่งจากการศึกษาโดย อรรรจน์ เศรษฐบุตร (2554, 2555) พบว่าการปล่อยคาร์บอนในการสร้างบ้านพักอาศัยจะมีค่าประมาณ 43% ของค่าการปล่อยตลอดชั่วอายุบ้าน 30 ปี ในขณะที่อีก 57% มาจากการใช้พลังงานในช่วงใช้งานอาคาร ซึ่งสำหรับอาคารร้อนชื้นของประเทศไทย มากกว่าครึ่งของปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะมาจากเครื่องปรับอากาศ (อรรรจน์ เศรษฐบุตร และธนิต จินดาวณิก 2550; อรรรจน์ เศรษฐบุตร 2551) โดยทั้งนี้ การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร เช่น หลังคา และกระจกจะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ส่งผลให้เกิดภาวะการทำความเย็นในบ้านพักอาศัยของไทย (ศักดิ์ดา เขียวนันทวงศ์ และคณะ, 2550)

จากทฤษฎีต่างๆ ของบ้าน Knock Down ทำให้เกิดสมมติฐานของการวิจัยที่ว่าบ้าน Knock Down ที่จะพัฒนาออกแบบนี้จะช่วยให้เกิดการประหยัดวัสดุ ประหยัดพลังงาน ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดกระบวนการผลิต การใช้สอย และการย่อยสลายทำลาย โดยจะมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดชั่วชีวิตบ้านต่ำกว่าค่าการปล่อย

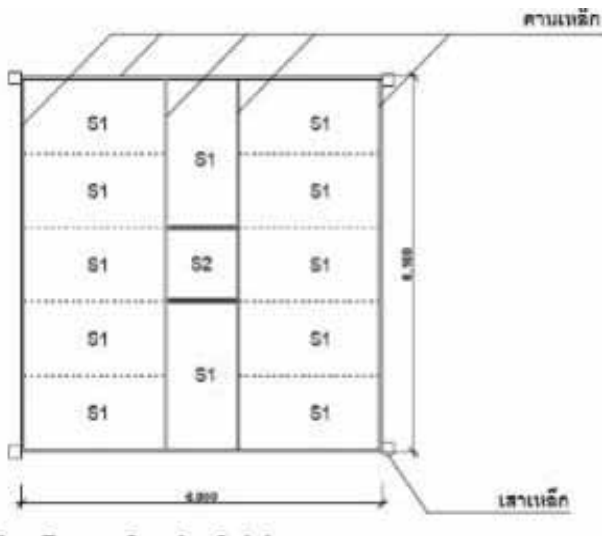
ก๊าซเรือนกระจกของบ้านทั่วไปที่สร้างกันอยู่ทุกวันนี้ ซึ่งการจะทำให้ประสบผลสำเร็จดังกล่าว จะต้องอาศัยวิธีการออกแบบบ้านให้มีความน่าสบาย สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศในแต่ละภูมิภาคของประเทศเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานด้วย

แบบบ้าน Knock Down ของการเคหะแห่งชาติ

จากผลจากการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่ได้กล่าวมา คณะผู้วิจัยได้นำมาสรุปเป็นแนวทางการออกแบบบ้านจำนวน 12 แบบ สำหรับ 4 ภูมิภาค โดยแต่ละภาคจะมีแบบบ้านชั้นเดียว แบบบ้านชั้นเดียวยกใต้ถุนสูง และแบบบ้าน 2 ชั้น โดยมีพื้นที่บ้านประมาณ 36 - 72 ตารางเมตร การออกแบบบ้านได้คำนึงถึงเรื่องการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล (Universal Design) การป้องกันความร้อน การบังแดด การระบายอากาศธรรมชาติ แสงสว่างธรรมชาติ การประหยัดพลังงานและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยคณะผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ช่วยจำลองการระบายอากาศระดับแสงสว่างธรรมชาติ การใช้พลังงาน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เข้ามาประกอบการออกแบบจนได้แบบบ้านที่ช่วยให้เกิดความน่าสบาย ประหยัดพลังงาน และเป็นบ้านคาร์บอนต่ำได้



แนวคิดในการออกแบบโครงสร้าง คือ การอ้างอิงระยะขนาดของวัสดุที่มีอยู่ในท้องตลาด เพื่อให้ให้นำมาใช้ก่อสร้างได้อย่างคุ้มค่า ไม่ต้องมีการตัดเศษวัสดุทิ้ง รวมถึงเมื่อมีการผลิตวัสดุออกมาจากโรงงานด้วยระบบอุตสาหกรรมจะทำให้ขนาดของแผ่นวัสดุ รวมถึงมุมของวัสดุเป็นระยะและมุมฉากที่แน่นอน สามารถนำอ้างอิงหรือตรวจสอบระยะในการก่อสร้างได้ ทำให้ช่วยลดความคลาดเคลื่อนของระยะจากการตัดแบ่งวัสดุ การวางผังของบ้านพักอาศัยจะออกแบบให้เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส 6.00 ม. x 6.00 ม. เนื่องจากเมื่อมีด้านกว้าง-ยาวเท่ากันแล้ว จะสามารถปรับเปลี่ยนทิศทางการวางอาคารให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมได้คล่องตัวขึ้นทั้งในด้านพื้นที่ใช้สอย ช่องเปิดของผนังหรือแม้กระทั่งการวางแนวของหลังคา



ทางด้านสภาวะแวดล้อมภายในตัวบ้าน เมื่อพิจารณาปัจจัยสภาวะน่าสบายของมนุษย์ร่วมกับสภาพอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย จะพบว่า นอกจากอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่สูงตลอดทั้งวันที่นำมาสู่ความไม่สบายแล้ว ความชื้นในอากาศที่สูงยังทำให้รู้สึกอึดอัดเพราะเหงื่อและความเปียกชื้นบนผิวหนังไม่สามารถระเหยออกไปได้ง่าย ซึ่งวิธีการแก้ไขโดยการออกแบบอาคารในเขตร้อนชื้น ก็คือต้องบังแดดให้ได้เต็มที่เพื่อลดความร้อน และต้องเพิ่มความเร็วลมผ่านผิวกายให้ได้มากที่สุด เพื่อช่วยลดความรู้สึกอึดอัดเนื่องมาจากความเปียกชื้นที่ผิวหนัง และเพื่อให้เหงื่อสามารถระเหยออกไปได้โดยเร็วด้วยลมที่แรง นั่นคือเหตุผลที่อาคารพื้นถิ่นในเขตร้อนชื้น เช่น บ้านไทยเรือนไทยในอดีตได้พยายามสร้างชายคายื่นยาวเพื่อช่วยบังแดด ในขณะที่เดียวกันก็มีการออกแบบวางผังให้โปร่งรับลมธรรมชาติได้อย่างเต็มที่ ดังนั้นการออกแบบบ้านน่าอยู่ น่าสบายในประเทศไทยเพื่อลดการใช้พลังงาน จึงต้องคำนึงถึงสภาพอากาศ แดด ลม ฝน อย่างเต็มที่ก่อนที่จะพยายามใช้ระบบปรับอากาศเครื่องกลที่ใช้พลังงาน

ขณะที่ปรึกษาพยายามออกแบบโดยหลีกเลี่ยงความร้อนจากรังสีอาทิตย์เป็นหลักด้วยการวางผังอาคารให้อาคารมีชานเรือนที่มีหลังคาคลุมทางด้านทิศใต้ เพื่อป้องกันความร้อนจากรังสีอาทิตย์โดยตลอดทั้งวัน การออกแบบหลังคาจึงพยายามต่อชายคายื่นออกมาให้ลึกที่สุดโดยมีเสารับ และกำหนดให้พื้นที่ดังกล่าวนี้เป็นพื้นที่นั่งทำงานภายนอกบ้าน ซึ่งเป็นลักษณะที่พบในบ้านไทยทุกภูมิภาค ในประเด็นของการระบายอากาศวิธีธรรมชาติ บ้านที่ใช้งานเวลากลางวัน จะใช้งานห้องชั้นล่างเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งการออกแบบผังเรือนให้โปร่งโล่ง ให้ห้องนั่งเล่นและห้องนอนสามารถทะลุถึงกัน เกิดเป็นการระบายอากาศแบบ Cross Ventilation โดยกำหนดให้มีประตูบานใหญ่เปิดเชื่อมห้องนอน และห้องนั่งเล่น ในแบบของคอนโดมีเนียมแบบสตูดิโอ ก็จะสามารถแก้ปัญหาการระบายอากาศของห้องชั้นล่างได้ สำหรับชั้นบน ถึงแม้จะไม่สามารถออกแบบให้เป็น Cross Ventilation ได้ทุกห้อง แต่อย่างน้อยทุกห้องก็สามารถได้รับ Two-sided ventilation ซึ่งถือว่ายังมีประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ดีพอสมควร

ทางด้านการลดการสะสมความร้อนของตัวบ้าน นอกจากการระบายความร้อนที่อาจจะสะสมในเวลากลางวันออกไปแล้ว การใช้วัสดุสำหรับบ้านเขตร้อนให้หน้าสยายไม่ร้อนอบอ้าวสะสมความร้อนไปถึงในเวลากลางคืน ก็คือการใช้วัสดุที่มีมวลอุณหภาพ (Thermal Mass) ที่ต่ำ ซึ่งในแบบบ้านทั้ง 3 หลังนี้ คณะที่ปรึกษาออกแบบได้เลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารที่ไม่ใช่คอนกรีต หรืออิฐ แต่เป็นส่วนผสมของไม้เทียม Smart Board ที่ปิดผิวด้านนอกให้แก่ผนังชั้นในที่เป็นแกนกลางทำด้วยวัสดุผสมระหว่างคอนกรีตและเม็ดโฟม ซึ่งมีค่าการกักความร้อนที่ดีกว่าผนังทั่วไป และมีมวลหนักปานกลางที่ทำให้มีความรู้สึกแข็งแรงเมื่อสัมผัส หรือเจาะตะปูติดรูปภาพหรือชั้นวางของได้



นอกจากนี้ ในกรณีที่เป็นบ้าน 2 ชั้น มีห้องนอนอยู่ชั้นบน ห้องนั่งเล่น ทานอาหารอยู่ชั้นล่าง หากผู้อาศัยไม่กังวลเรื่องความรู้สึกแข็งแรงของผนังห้องนอนชั้นบน ผนังห้องนอนชั้นบนทั้งหมด สามารถใช้ผนังเบาสมาร์ทบอร์ดได้เต็มที่ โดยไม่ต้องมีไส้กลางที่เป็นมวลหนาหนัก ทั้งนี้ จากการศึกษาของ คำรน สุทธิ (2554) เรื่องผลกระทบของการรั่วซึมของอากาศต่อผลการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของเรือนไทยและบ้านร่วมสมัย วิทยาลัยนิพนธ์มหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่า ผนังห้องนอนที่ใช้งานเวลากลางคืนควรจะเป็นผนังมวลเบาแบบผนังเรือนไทย เพราะจะเย็นตัวอย่างรวดเร็วในเวลาค่ำเมื่อไม่มีรังสีอาทิตย์แล้ว ในขณะที่ผนังก่ออิฐหรือผนังคอนกรีตจะสะสมความร้อนจากเวลากลางวันไปถึงกลางคืนซึ่งไม่เหมาะแก่การนำมาใช้กับห้องนอนของบ้านที่ไม่ปรับอากาศ

แนวความคิดการออกแบบเพื่อความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของบ้าน Knock Down ที่นำเสนอนี้ คือการออกแบบบ้านให้เป็นบ้านคาร์บอนต่ำ (Low-carbon house) ซึ่งความหมายของบ้านคาร์บอนต่ำนี้ก็คือ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดช่วงอายุของบ้าน โดยทั้งนี้ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารพักอาศัยจะแบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงการผลิตวัสดุก่อสร้างอาคาร (Embodiment) ช่วงการใช้อาคาร

(Operation) และช่วงการย่อยสลายทำลาย (Disposal) จากการศึกษาโดย อรรถจันทร์ เศรษฐบุตร (2555) พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบ้านพักอาศัยในประเทศไทยประมาณ 46% เกิดจากการใช้วัสดุและการก่อสร้างเริ่มต้น ในขณะที่อีก 54% จะถูกปล่อยออกระหว่างที่มีการใช้สอยบ้าน ซึ่งก็คือการใช้พลังงานในบ้านนั่นเอง ดังนั้น การออกแบบบ้านที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจึงจะต้องพิจารณาทั้งสองส่วน นั่นคือการลดการใช้วัสดุก่อสร้างที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาก และออกแบบบ้านให้น่าอยู่ น่าสบายเพื่อลดการใช้พลังงานจากการปรับอากาศที่นำมาสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดการใช้งานบ้านเป็นเวลา 20-30 ปีต่อมา แนวคิดการออกแบบบ้านคาร์บอนต่ำนี้จึงสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

1. การลดผลกระทบจากภาวะเกาะเมืองร้อน (Urban Heat Island)
2. การประหยัดพลังงาน (Energy Conservation)
3. การผลิตพลังงานทดแทน (Renewable Energy)
4. การประหยัดวัสดุอาคาร (Materials Efficiency)
5. การลดขยะจากการรื้อถอนทำลายอาคาร (Construction Waste Reduction)
6. การใช้วัสดุคาร์บอนต่ำ (Low-carbon Building Materials)

ทางด้าน การลดผลกระทบจากภาวะเกาะเมืองร้อน (Urban Heat Island) อาคารสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ในเขตตัวเมืองมักจะวางตัวอาคารชิดติดกันจนมีพื้นที่เปิดโล่ง (Open Space) ไม่มากนัก หรือหากมีพื้นที่เปิดโล่งก็จะใช้เป็นพื้นที่ลาดแข็ง (Hardscape) ด้วยเหตุนี้ ในเขตเมืองจึงมีพื้นผิวที่ดูดกลืนรังสีอาทิตย์อยู่มาก ส่งผลให้เกิดการสะสมความร้อนตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน ในการออกแบบบ้าน Knock Down นี้ จึงพยายามออกแบบให้ใช้หลังคาสีอ่อนเพื่อลดการสะสมรังสีความร้อน โดยจะเลือกใช้หลังคาสีเทาอ่อน

ที่มีค่า SRI หรือ Solar Reflectance Index ไม่ต่ำกว่า 39 (มาตรฐานอาคารเขียว LEED กำหนดว่า ถ้าหลังคาที่มีความชื้นมากกว่า 2:12 ให้ใช้ค่า SRI ไม่เกิน 39 แต่หากหลังคาที่มีความชื้นน้อยกว่า 2:12 ให้ใช้หลังคาที่มีค่า SRI ไม่ต่ำกว่า 82)

ทางด้าน การประหยัดพลังงาน (Energy Conservation) แนวทางการออกแบบบ้าน Knock Down นี้ได้พยายามผสมผสานการออกแบบที่ตรงกับสภาพธรรมชาติ (Passive Design) โดยเน้นการหลีกเลี่ยงความร้อน (Heat Avoidance) โดยเฉพาะการหลบรังสีอาทิตย์ด้วยการวางทิศทางอาคาร (Solar Orientation) การรับลมธรรมชาติเพื่อความน่าสบาย (Comfort Ventilation) การบังแดด (Solar Shading) และ การใช้วัสดุเปลือกอาคารที่ลดการดูดกลืนและสะสมความร้อน (Non-absorptive and low-heat capacity materials) ส่งผลให้อาคารลดภาระการทำความเย็นที่นำไปสู่การใช้พลังงานเพื่อทำความเย็นที่ลดลง

ทางด้าน การผลิตพลังงานทดแทน (Renewable Energy) เพื่อลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน บ้าน Knock Down ที่นำเสนอนี้ จึงพยายามออกแบบให้สามารถปรับใช้พลังงานทดแทนได้ถึงแม้ว่าพลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์จะยังมีราคาติดตั้งที่สูงสำหรับเจ้าของบ้านของการเคหะแห่งชาติ แต่ในปัจจุบันเริ่มจะมีกลไกส่งเสริมสนับสนุนจากภาครัฐ โดยเริ่มมีเอกชนลงทุนติดตั้งแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน และมีผลตอบแทนจากการขายไฟฟ้าแบ่งให้แก่อำนาจบ้าน ดังนั้น หลังคาบ้าน Knock Down ที่นำเสนอนี้ จะต้องรองรับการติดตั้งแผงโซลาร์ ซึ่งหลังคาที่ติดตั้งแผงโซลาร์ให้สามารถผลิตพลังงานได้มากที่สุดจะต้องหันไปทางทิศใต้ และทำมุมเงยเท่ากับองศาละติจูดของจังหวัดนั้น เช่น กรุงเทพมหานคร หลังคาที่ผลิตพลังงานแสงอาทิตย์นี้ จะต้องทำมุมเงยประมาณ 14-15 องศา แต่หากเป็นบ้านทางภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ ก็ต้องทำมุมเงยที่ 18 องศา และหากเป็นบ้านทางภาคใต้ จังหวัดสงขลา ก็ต้องทำมุมเงยที่ 7 องศา เป็นต้น

ทางด้านการประหยัดวัสดุอาคาร (Materials Efficiency)

การออกแบบระบบสำเร็จรูป แบบถอดประกอบได้ เป็นระบบการก่อสร้างที่ประหยัดวัสดุ เหลือเศษวัสดุน้อยมาก และนอกจากนี้ยังช่วยยืดอายุการใช้งานของวัสดุแต่ละชิ้น ด้วยการนำไปประกอบใช้ใหม่ได้ทั้งหมด ทำให้วงจรชีวิต (Life Cycle) ของวัสดุมีความยาวนานกว่าการก่อสร้างแบบปกติ ซึ่งหากวางแผนการออกแบบที่ดีให้เป็นระบบโมดูลาร์ (Modular System) ด้วยแล้ว จะยิ่งทำให้ลดการใช้วัสดุดิบที่ใช้สร้างอาคารลงได้อีก ซึ่งส่งผลให้ลดการปล่อยคาร์บอนจากการผลิตวัสดุใหม่ๆ ลงอีกด้วย การออกแบบบ้าน Knock Down ที่นำเสนอนี้ ผู้ออกแบบพยายามวางระบบพิคัดให้ใช้โครงสร้างเหล็กที่ตัดแบ่งแล้วมีขนาดเท่าๆ กัน ลงตัวไม่เหลือเศษ และมีความหลากหลายของขนาดวัสดุน้อยที่สุดอีกด้วย ซึ่งรายละเอียดของระบบโครงสร้างถอดประกอบนี้จะกล่าวถึงต่อไป

ทางด้านการลดขยะจากการรื้อถอนทำลายอาคาร (Construction Waste Reduction)

เพื่อเป็นการลดขยะจากการรื้อถอนทำลายอาคาร อาคารจะต้องออกแบบโดยใช้ระบบสำเร็จรูป (Prefabrication) เป็นสำคัญ เพื่อที่ว่าเมื่อมีการรื้อถอนอาคารเพื่อย้ายที่ตั้ง หรือรื้อทิ้งเพื่อสร้างอาคารใหม่บนที่ดินเดิม เศษวัสดุที่รื้อออกมาจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ใหม่ได้ ไม่ว่าจะนำไปใช้สร้างอาคารใหม่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ใหม่ (Reuse) ดังนั้น การเลือกใช้วัสดุหรือการต่อเชื่อมวัสดุสำหรับบ้าน Knock down นี้ จึงได้คำนึงถึงการใช้วัสดุประเภทเหล็กที่สามารถประกอบด้วยรอยต่อที่ในอนาคตจะสามารถถอดออกเป็นชิ้นๆ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้ในทันทีโดยไม่ต้องส่งกลับโรงงานเพื่อผลิตกลับมาใหม่ เป็นการลดขยะจากการรื้อถอนทำลาย และลดความจำเป็นที่จะต้องสูญเสียทรัพยากรเพื่อผลิตวัสดุชิ้นใหม่แล้วนำมาสร้างอาคารหลังใหม่

ทางด้านการใช้วัสดุคาร์บอนต่ำ (Low-carbon Building Materials)

วัสดุก่อสร้างที่ผลิตออกมาในท้องตลาด ล้วนต้อง

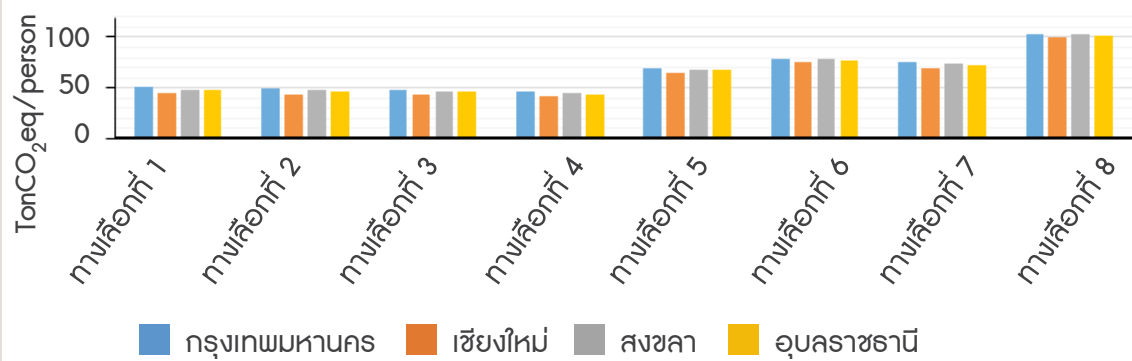
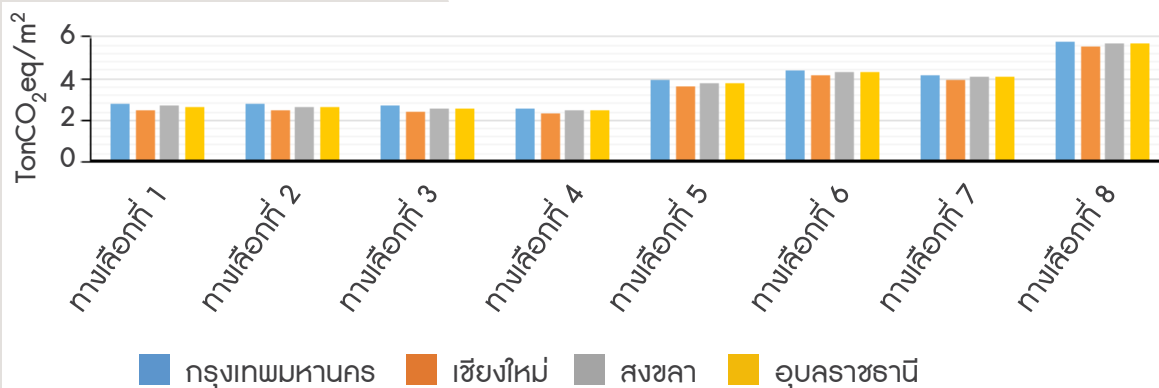
ใช้พลังงานในการขุดเจาะ หล่อหลอม ขึ้นรูป ประกอบ และขนส่งมายังสถานที่ก่อสร้าง ซึ่งกระบวนการผลิตทั้งหมดจะใช้พลังงานที่มักจะเป็นพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศโลก ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) ดังนั้น วัสดุก่อสร้างที่หาง่าย สร้างง่าย ผลิตง่าย ใช้พลังงานน้อยในการผลิต จึงเป็นวัสดุก่อสร้างคาร์บอนต่ำ วัสดุประเภทคอนกรีต อลูมิเนียม กระฉก และพลาสติกจะเป็นวัสดุที่ปล่อยคาร์บอนสูงเพราะกระบวนการผลิตต้องใช้พลังงานจำนวนมาก ในขณะที่วัสดุประเภทเหล็ก ถึงแม้จะใช้พลังงานในการผลิตที่สูง แต่เหล็กเป็นวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลต่อได้อีกหลายๆ ครั้ง จึงทำให้เป็นวัสดุที่ถือว่าไม่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไม่มาก สำหรับการออกแบบบ้าน Knock down นี้ ผู้ออกแบบจึงพยายามลดการใช้วัสดุประเภทคอนกรีต กระฉก อลูมิเนียม และพลาสติกแต่ยังจำเป็นต้องใช้เหล็กเป็นโครงสร้างสำคัญ นอกจากนี้ ยังได้พยายามใช้วัสดุประเภทไม้ และไฟเบอร์ซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของเศษไม้กับซีเมนต์ทดแทน โดยทั้งนี้ยังได้ทำการคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ในการสร้างอาคารเพื่อคำนวณออกมาเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในการคำนวณปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบ้านทั้ง 3 แบบ (1 ชั้น, 1 ชั้นยกพื้นสูง และ 2 ชั้น) 4 ภูมิภาค วัสดุอาคารเป็นสิ่งที่ผลมากที่สุดต่อการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผู้วิจัยจึงทดลองเลือกใช้วัสดุอาคารแบบต่างๆ เป็น 8 ทางเลือก เพื่อทำการจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม DOE 2.1E และทำการถอดปริมาณวัสดุเพื่อคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการก่อสร้าง (Embodied Carbon) ตามขั้นตอนของ ICE หรือ Inventory of Carbon and Energy ซึ่งจัดทำโดย Sustainable Energy Research Team (SERT) แห่ง University of Bath ประเทศอังกฤษ ผลการประเมินค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารทั้ง 3 แบบ และ 8 ทางเลือกได้นำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้วัสดุอาคาร รายละเอียดของทางเลือกวัสดุอาคารทั้ง 8 แบบมีดังนี้

- ทางเลือก 1 : ผนังก่ออิฐมวลเบารឹងแผ่นฉาบเรียบ (Base case)
- ทางเลือก 2 : กระจกเขียวตัดแสง หนา 6 มม.
- ทางเลือก 3 : ผนังก่ออิฐบล็อกฉาบเรียบ หนา 10 ซม.
- ทางเลือก 4 : ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบเรียบ หนา 10 ซม.
- ทางเลือก 5 : ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป หนา 10 ซม.
- ทางเลือก 6 : ผนังโครงเคร่าเหล็กปูด้วยซีเมนต์บอร์ด ภายในผนังบุด้วยฉนวนโฟม กันความร้อน หนา 3 นิ้ว
- ทางเลือก 7 : บุฉนวนโฟมกันความร้อน หนา 3 นิ้ว ได้กระเบื้องหลังคา
- ทางเลือก 8 : ใช้ลักษณะตามทางเลือก 2, 6 และ 7 รวมกัน

ตารางแสดงผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแบบบ้านที่ก่อสร้างด้วยวัสดุทั้ง 8 ทางเลือก

	กรุงเทพมหานคร		เชียงใหม่		สงขลา		อุบลราชธานี	
	TonCO ₂ /m ²	TonCO ₂ /Person	TonCO ₂ /m ²	TonCO ₂ /Person	TonCO ₂ /m ²	TonCO ₂ /Person	TonCO ₂ /m ²	TonCO ₂ /Person
ทางเลือกที่ 1	2.80	50.45	2.50	44.97	2.69	48.34	2.66	47.91
ทางเลือกที่ 2	2.77	49.78	2.46	44.28	2.65	47.61	2.61	47.03
ทางเลือกที่ 3	2.70	48.67	2.39	42.97	2.58	46.43	2.57	46.22
ทางเลือกที่ 4	2.58	46.51	2.30	41.40	2.48	44.67	2.45	44.13
ทางเลือกที่ 5	3.90	70.27	3.61	65.06	3.79	68.30	3.77	67.89
ทางเลือกที่ 6	4.40	79.19	4.18	75.29	4.34	78.17	4.30	77.38
ทางเลือกที่ 7	4.18	75.29	3.90	70.28	4.08	73.37	4.07	73.25
ทางเลือกที่ 8	5.74	103.36	5.57	100.24	5.70	102.62	5.68	102.28



จากการวิเคราะห์ผลรวมของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารทั้ง 3 แบบ 4 ภูมิภาค 8 ทางเลือกวัสดุ แสดงให้เห็นว่า ทางเลือกที่ 8 ซึ่งมีวัสดุทางเลือกเป็นกระจกเขียวตัดแสงผนังและหลังคาบุฉนวนโฟมกันความร้อนเป็นทางเลือกวัสดุเปลือกอาคารที่มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดช่วงชีวิตอาคารมากที่สุดเมื่อเทียบกับทางเลือกอื่นๆ อันเนื่องมาจากค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตวัสดุ (Embodied Carbon) ประเภทโฟมของทางเลือกที่ 8 มีค่าสูงที่สุด เมื่อเทียบกับค่าการปล่อยของทางเลือกวัสดุอื่นๆ

อีกทั้งเมื่อนำค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาเปรียบเทียบกับต่อตารางเมตรของบ้าน และต่อหัวของผู้ใช้อาคาร ทางเลือกที่ 8 ก็ยังเป็นทางเลือกที่มีสัดส่วนค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงที่สุด เมื่อพิจารณาถึงที่ตั้งอาคารทั้ง 4 จังหวัด พบว่าค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบ้านในกรุงเทพมหานครจะสูงที่สุดในทุกกรณี เนื่องจากค่าการปล่อยช่วงการใช้สอยอาคารจะสูงสุด รองลงมาคือจังหวัดสงขลา อุบลราชธานี และเชียงใหม่ ตามลำดับ

หลังจากคณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบแล้วเสร็จ ได้จัดประชุมระดมความคิดเห็นจากผู้เกี่ยวข้องในวงการออกแบบก่อสร้างบ้านจำนวน 50 คน ซึ่งได้แก่ สถาปนิก วิศวกร นักวิชาการ ผู้ก่อสร้าง ผู้ผลิตวัสดุ รวมทั้งตัวแทนบริษัท อสังหาริมทรัพย์ที่ทำธุรกิจบ้านจัดสรรในท้องตลาด เพื่อแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นเกี่ยวกับแบบบ้าน ความเป็นมาของแนวคิดในการออกแบบ รวมทั้งความเป็นไปได้ของโครงการที่จะดำเนินการต่อไปในอนาคต ซึ่งข้อคิดเห็นต่างๆ จากที่ประชุม

ได้ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาแบบและจัดทำแบบรายละเอียด ซึ่งในขั้นสุดท้าย คณะผู้วิจัยได้จัดทำแบบก่อสร้างบ้านทั้ง 12 แบบ ด้วยระบบ BIM (Building Information Modeling) พร้อมกับจัดทำเอกสารรายการประกอบแบบ (Specification) รายการคำนวณราคาและวัสดุ (Bill of Quantity) โมเดลบ้านทั้ง 12 แบบ รวมทั้งจัดทำคู่มือการประกอบบ้านเพื่อนำเสนอต่อการเคหะแห่งชาติ และนำเสนอในที่ประชุมสัมมนา แลกเปลี่ยนผลการดำเนินการในขั้นสุดท้าย

○○○

เอกสารอ้างอิง

อรรถจน์ เศรษฐบุตร (2557) นิเวศวิทยสถาปัตยกรรม Ecological Architecture. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อมรินทร์พริ้นติ้ง กรุงเทพฯ. ISBN: 978-616-551-822-2

อรรถจน์ เศรษฐบุตร (2555) ดัชนีค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวของผู้ใช้อาคารในประเทศไทย. วารสารวิชาการสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อรรถจน์ เศรษฐบุตร (2554) มาตรฐานค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวของผู้ใช้อาคารในประเทศไทย. รายงานวิจัยเรื่อง “การจัดทำมาตรฐานค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวของผู้ใช้อาคารสำหรับอาคารในประเทศไทย ด้วยวิธี Life Cycle Assessment (LCA) โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์” โครงการส่งเสริมการทำงานวิจัยเชิงลึกในสาขาวิชาที่มีศักยภาพสูง กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช ปีงบประมาณ 2552

คำรน สุทธิ (2554) ผลกระทบของการรั่วซึมของอากาศต่อผลการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของเรือนไทยและบ้านร่วมสมัย วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อรรถจน์ เศรษฐบุตร (2551) การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคาร ในอาคารทาว์นเฮ้าส์ วารสาร JARS 5(1).2007 หน้า 29-51 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

อรรถจน์ เศรษฐบุตร และ ธนิต จินดาวงนิค (2550) การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารบ้านเดี่ยว เอกสารประกอบการประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3 23-25 พฤษภาคม 2550 โรงแรมไอยกสกาย จังหวัดกรุงเทพฯ

ศักดิ์ดา เขียวนันทวงศ์, ธนิต จินดาวงนิค, และ อรรถจน์ เศรษฐบุตร. (2550) การออกแบบบ้านแถวเพื่อใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ วารสารวิจัยพลังงาน. ฉบับที่ 4/2550 หน้า 73-84 สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย