คู่มือการออกแบบ
บ้านและอาคารคาร์บอนต่ำ

คู่มือการ
ออกแบบ
บ้านและอาคาร
คาร์บอนต่ำ

คู่มือการออกแบบบ้านและอาคารคาร์บอนต่ำ
พิมพ์ครั้งแรก องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), เมษายน 2556
จำนวน 300 เล่ม

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

อรรจน์ เศรษฐบุตร.
คู่มือการออกแบบบ้านและอาคารคาร์บอนต่ำ.-- กรุงเทพฯ : เปเปอร์เมท(ประเทศไทย), 2556.
144 หน้า.
1. การสร้างบ้าน. 2. สถาปัตยกรรมที่อยู่อาศัย. I. ชื่อเรื่อง.
728.37
ISBN 978-616-321-958-9

จัดทำโดย
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

คณะที่ปรึกษา

นางประเสริฐสุข จามรมาน	รองผู้อำนวยการองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก
ดร. ชัยวัฒน์ มั่นเจริญ	รองผู้อำนวยการองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

กองบรรณาธิการ

ผศ.ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร	ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร. จักกนิตต์ คณานุรักษ์	ผู้อำนวยการสำนักพัฒนาศักยภาพและเผยแพร่องค์ความรู้ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก
ผศ. สุริยน ศิริธรรมปิติ	
นางสาววิริญา ปั้นทับ	
นางสาวนารีรัตน์ ธนะเกษม	
นางสาวเบญญา เนื่องดี	
นางสาวณัฐธีรา กาญจน์วัฒกุล	
นางสาวนัทธ์ชนัน วัฒนจินดา	
นางสาวณัฐนี วงศ์วีระนนท์ชัย	
นางสาวสริน พินิจ	
นายพงษ์พิชญ์ จงศุภางครัตน์	
นายพิชญะ เพียรพัฒนางกูร	
นางสาวพรรณินทร์ สุขเกษม	

บทนำ

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.) และบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) ได้จัดการประกวดแนวคิดการออกแบบบ้านและอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำขึ้นในปี พ.ศ. 2554 โดยได้ผู้ชนะเลิศ 3 แบบ ซึ่งในกระบวนการขั้นสุดท้ายจะต้องนำแบบแนวความคิดที่ชนะการประกวดมาทำการวิจัย และพัฒนาเป็นแบบก่อสร้าง และแบบรายละเอียด เพื่อเผยแพร่ให้แก่สาธารณะ ทั้งนี้อบก. จึงได้มอบหมายให้ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร เป็นหัวหน้าโครงการเพื่อดำเนินการวิจัยและออกแบบจัดทำแบบก่อสร้างทั้งแบบรายละเอียดบ้านและอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำ โดยมีรายละเอียดขอบเขตการทำงานดังต่อไปนี้

1. การจัดทำแบบก่อสร้างและแบบขั้นรายละเอียดของบ้านและอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำทั้ง 3 แบบ
2. การจำลองการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
3. การประเมินค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารตลอดอายุการใช้งานของอาคาร
4. การจัดทำคู่มือการออกแบบบ้านและอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำสำหรับให้ความรู้แก่สาธารณะ

ทั้งนี้ ข้อมูลจากการวิจัยได้ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาแบบก่อสร้างและแบบรายละเอียดของบ้านและอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำ รวมทั้งใช้ในการกำหนดทางเลือกสำหรับการนำแบบบ้านและอาคารตึกแถวไปประยุกต์ในการก่อสร้างจริง อันจะช่วยให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับครัวเรือนได้อย่างเป็นรูปธรรม พร้อมทั้งได้มีการจัดทำคู่มือการออกแบบบ้านและอาคารคาร์บอนต่ำขึ้นเพื่อเผยแพร่ผลการศึกษา ให้ความรู้แก่ประชาชนและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในสาขาต่างๆ เกี่ยวกับวิธีการออกแบบบ้านและอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำ โดยประกอบไปด้วยคำจำกัดความของบ้านคาร์บอนต่ำ ความจำเป็นที่จะต้องสร้างอาคารคาร์บอนต่ำ แนวคิดการออกแบบบ้านพักอาศัยในเขตร้อนชื้นแบบประเทศไทย ปัจจัยที่ส่งผลต่อความน่าสบาย และการประหยัดพลังงานของบ้านพักอาศัยภูมิปัญญาไทยในเรือนไทย วิธีการประเมินค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคาร รวมถึงผลการประเมินการประหยัดพลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารที่ชนะเลิศการประกวดทั้ง 3 แบบ โดยประชาชนทั่วไปจะสามารถอ่านเข้าใจได้ง่าย เพื่อนำไปใช้ปรับปรุงบ้านหรืออาคารเดิม รวมทั้งสถาปนิก ผู้ออกแบบก็จะได้ข้อมูลที่มีประโยชน์เพื่อนำไปใช้ออกแบบอาคารคาร์บอนต่ำสืบต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร
หัวหน้านักวิจัย

สารบัญ

1

บ้านและอาคาร
คาร์บอนต่ำ
คืออะไร

บ้านและอาคารคาร์บอนต่ำคืออะไร

บ้านและอาคารคาร์บอนต่ำ หมายถึง บ้านและอาคารที่มีการก่อสร้าง การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ การใช้งาน การซ่อมแซมและทุบทำลาย โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยตลอดวัฏจักรชีวิตของบ้านหรืออาคารนั้นๆ เมื่อเทียบกับบ้านและอาคารตึกแถวแบบปกติ

โดยกิจกรรมในภาคครัวเรือน ส่วนใหญ่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 4 กลุ่มหลัก คือ

- ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและการใช้ไฟฟ้า
- ก๊าซมีเทน (CH_4) จากการย่อยสลาย ขยะอินทรีย์ของเสียและสิ่งปฏิกูลต่างๆ ในครัวเรือน
- ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากการย่อยสลายของเสีย การเผาไหม้เชื้อเพลิง การใช้ปุ๋ยเคมี
- ก๊าซกลุ่มฟลูออโรคาร์บอน และกลุ่มไฮโดรคาร์บอนจากการใช้สารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศและตู้เย็น

การดำเนินการก่อสร้างบ้านและอาคารคาร์บอนต่ำนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญในกระบวนการออกแบบ (Design) เป็นอย่างมาก โดยบ้านและอาคารคาร์บอนต่ำจะต้องมีการจัดการก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของบ้านและอาคารได้อย่างเหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การเพิ่มพื้นที่สีเขียว การจัดการ

ของเสีย การใช้วัสดุและทรัพยากรต่างๆอย่างประหยัดและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตลอดจนมีความสามารถในการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้เป็นอย่างดี ดังนั้น ลักษณะสำคัญของบ้านและอาคารคาร์บอนต่ำในประเทศไทยควรออกแบบให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น (Tropical Design) สามารถป้องกันและบรรเทาปัญหาน้ำท่วมได้ ไม่สะสมความชื้น และระบายความร้อนได้ดี นอกจากนี้ การออกแบบบ้านและอาคารคาร์บอนต่ำยังต้องคำนึงถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านการลดก๊าซเรือนกระจก ตลอดจนเพิ่มการดูดซับคาร์บอนภายในบ้านและอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย

คาร์บอนต่ำ คืออะไร

เมื่อพูดถึงคาร์บอนต่ำ (Low Carbon) หลายๆคนอาจนึกถึงธาตุ “Carbon” บางคนอาจจะคิดว่าเป็น “ถ่าน” แต่สำหรับกระแสการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการรณรงค์เพื่อลดปัญหาโลกร้อนในปัจจุบัน “คาร์บอน” ที่ว่านี้เป็นการกล่าวถึง “ก๊าซเรือนกระจก” หรือ Greenhouse Gas ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก และส่งผลให้โลกของเราร้อนยิ่งขึ้น แต่ก็ยังสงสัยว่า แล้วทำไมจึงเรียก “ก๊าซเรือนกระจก” ว่า “คาร์บอน”

ทั้งนี้ เนื่องจากค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) ของก๊าซเรือนกระจกในแต่ละชนิดจะไม่เท่ากัน ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการเทียบเคียงและ

การคำนวณ จึงกำหนดให้มีการแปลงค่าให้อยู่ในรูปของ “ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า” หรือ Corbon dioxide equivalent (CO_2eq) เพราะว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่า GWP เท่ากับ 1 ฉะนั้น เพื่อให้ง่ายต่อการสื่อสารจึงนิยมตีความหมายว่า กิจกรรมหรือการดำเนินการที่ช่วยลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อลดสาเหตุของสภาวะโลกร้อนโดยย่อ ๆว่า “คาร์บอนต่ำ” หรือ Low Carbon นั่นเอง เช่น เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Economy) สังคมคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Society) เทศบาลคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Municipality) บ้านและอาคารคาร์บอนต่ำ (Low Carbon House & Building) เป็นต้น

2

10 เหตุผลที่ต้องสร้าง
บ้านและอาคารคาร์บอนต่ำ

10 เหตุผลที่ต้องก่อสร้างบ้านและอาคารคาร์บอนต่ำ

1. ภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ภาวะโลกร้อนหรือ Global Warming คือปรากฏการณ์ที่เกิดจากการสะสมก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศโลกมาเป็นระยะเวลาร่วมร้อยปี นับตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรมในทวีปยุโรปที่ทำให้เกิดการขุดทรัพยากรน้ำมันเชื้อเพลิงฟอสซิลจากใต้พื้นพิภพมาเผาเพื่อสร้างพลังงานในกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ (ภาพที่ 2-1) การสร้างและการผลิตที่สำคัญของมนุษย์ รวมถึงการสร้างอาคารพักอาศัยและการใช้พลังงานในการใช้งานอาคารต่างๆ ทั้งในส่วนของการปรับอากาศ การให้แสงสว่างและการใช้งานอุปกรณ์เครื่องใช้อำนวยความสะดวกของมนุษย์ ซึ่งเมื่อประชากรมนุษย์มีมากยิ่งขึ้น ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อใช้สอยในชีวิตประจำวันของมนุษย์ยิ่งมีมากขึ้น และก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่สูงมากขึ้นเรื่อยๆทุกปี ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศอันสร้างผลกระทบโดยตรงแก่การเพาะปลูกอาหารของมนุษย์ในเขตเกษตรกรรม

ภาพที่ 2-1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิล

ดังนั้นเพื่อบรรเทาปัญหาที่เกิดจากภาวะโลกร้อน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปรับปรุงวิธีการผลิตและการใช้ชีวิตของมนุษย์ไปในทิศทางที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงทุกวิธีเท่าที่จะทำได้ การออกแบบก่อสร้างบ้านและอาคารคาร์บอนต่ำที่ช่วยประหยัดพลังงานทั้งการผลิต ก่อสร้าง ใช้สอย และย่อยสลาย จึงเป็นสิ่งที่ทุกฝ่ายต้องร่วมมือกัน เพื่อให้การออกแบบก่อสร้างอาคารในประเทศเป็นไปในทิศทางที่ยั่งยืนเพื่อลดผลกระทบอื่นๆ ที่จะตามมา

2. การขาดแคลนทรัพยากร

ปัจจุบันประชากรของโลกกำลังจะเพิ่มขึ้นถึง 7 พันล้านคน ในขณะที่ทรัพยากรธรรมชาติกำลังลดลงอย่างต่อเนื่อง ทั้งป่าไม้ แหล่งน้ำสะอาด และผืนดินที่ใช้เพาะปลูกพืชผักที่เป็นอาหาร รวมทั้งแหล่งพลังงานที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งส่วนใหญ่มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ต้องใช้เวลาสะสมนับล้านปี โลกได้ประสบเหตุการณ์ที่สำคัญ คือ วิกฤตการณ์พลังงานมาหลายครั้ง (ภาพที่ 2-2) และทุกฝ่ายยอมรับว่าแหล่งพลังงานหลักๆ ของโลกกำลังจะหมดไปในเวลาไม่ช้า ซึ่งก่อให้เกิดกระแส

ภาพที่ 2-2 วิกฤตการณ์ขาดแคลนน้ำมันในอเมริกา ปี พ.ศ.2515

การค้นหาแหล่งทรัพยากรพลังงานใหม่ๆ ทุกวัน แต่อาจยังไม่ทันต่อความต้องการของประชากรโลก หากยังไม่มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการผลิตและการใช้สอยพลังงาน สำหรับประเทศไทยในช่วงหลายปีที่ผ่านมา พบว่า การขาดแคลนพลังงาน แหล่งน้ำสะอาด ป่าไม้ และที่ทำกินของเกษตรกรเป็นปัญหาสำคัญที่ภาครัฐพยายามแก้ไขมาโดยตลอด ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่นวัตกรรมใหม่ ๆ จะต้องถูกประดิษฐ์คิดค้นขึ้น เพื่อส่งเสริมให้การใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์คงอยู่ได้ โดยลดการสูญเสียทรัพยากรและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นนวัตกรรมการออกแบบก่อสร้างอาคารและบ้านเรือนให้เป็นอาคารคาร์บอนต่ำจึงเป็นสิ่งที่ประชาชน ผู้ออกแบบ และผู้ประกอบการสามารถทำได้ทันที เพื่อให้อาคารใหม่ที่จะสร้างขึ้นมีการ-ประหยัดพลังงาน ประหยัดวัสดุ ประหยัดน้ำ และลดการปล่อยของเสีย

3. ขยะและสารพิษล้นโลก

เมื่อมีการผลิตอย่างไม่ยั่งยืน ร่วมกับการบริโภคอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ผลก็คือขยะ

และของเสียมากมายถูกทิ้งให้สะสมบนผิวโลก ผิวดิน และผิวน้ำธรรมชาติ สำหรับการก่อสร้างอาคาร ของเสียมีพิษเกิดขึ้นตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตวัสดุก่อสร้าง เริ่มจากกระบวนการ-ขุดเจาะเพื่อหาวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิตที่โรงงาน และการเกิดของเสียเหลือทิ้งที่โรงงาน น้ำเสีย อากาศเสีย ซึ่งขึ้นกับว่าวัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นวัตถุดิบธรรมชาติที่มีพิษตกค้างน้อย หรือเป็นวัตถุสังเคราะห์ปิโตรเคมีที่สร้างของเสียที่มีสารพิษเจือปนสูง เมื่อทำการปลูกสร้างอาคาร ณ สถานที่ก่อสร้างก็มักจะเหลือเศษวัสดุเป็นขยะของเสียจากการก่อสร้าง และในที่สุด เมื่ออาคารหมดอายุลงและต้องรื้อถอนทำลายก็จะเกิดเป็นขยะตกค้างซึ่งย่อยสลายทำลายไม่ได้ (ภาพที่ 2-3) การก่อสร้างบ้านและอาคารคาร์บอนต่ำจะช่วยให้ผู้ออกแบบและผู้ก่อสร้างอาคารได้คำนึงถึงวัสดุที่จะนำมาใช้ว่าได้ผ่านกระบวนการผลิตมาได้อย่างไร ประกอบกับการนำวัสดุมาออกแบบ ก่อสร้างอาคารอย่างไรให้เหลือเศษน้อยที่สุด นำมาซึ่งค่าวัสดุก่อสร้างอาคาร และค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะที่ลดลงอีกด้วย ซึ่งในอนาคตอันใกล้ เมื่อปริมาณขยะของเสียมีมากขึ้นร่วมด้วยแนวโน้มการรักษาสิ่งแวดล้อมที่

ภาพที่ 2-3 เศษวัสดุเป็นขยะของเสียจากการก่อสร้าง และรื้อถอนอาคาร

เข้มงวดขึ้น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะมีพิษต่างๆจะสูงขึ้นมาก วัสดุก่อสร้างที่ผลิตโดยมีส่วนผสมของสารมีพิษจะมีราคาสูงขึ้น รวมทั้งการรื้อถอนอาคารเหล่านี้ในอนาคตจะต้องมีค่าใช้จ่ายสูงตามไปด้วย ดังนั้นการเลือกวัสดุก่อสร้างคาร์บอนต่ำจึงเป็นทิศทางที่ทุกฝ่ายจะต้องปรับใช้อย่างจริงจังทันที

4. ความน่าสบายและคุณภาพอากาศภายในอาคาร

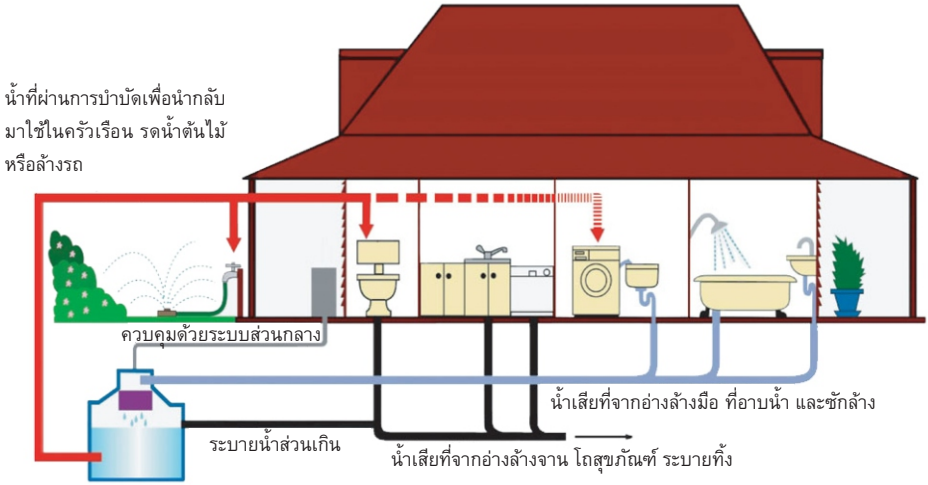
อาคารบ้านเรือนสมัยใหม่ถูกออกแบบให้มีความน่าอยู่น่าสบายตามวิถีการดำรงชีวิตสมัยใหม่ที่มนุษย์มักจะใช้เวลามากกว่า 80% อยู่ในอาคาร ดังนั้นความน่าสบาย ไม่ร้อน ไม่หนาว และคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดีสะอาดบริสุทธิ์จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง อาคารที่มีการออกแบบก่อสร้างโดยคำนึงถึงปัจจัยความน่าสบายเป็นหลักจะเป็นที่ต้องการจากผู้ใช้มากกว่าอาคารที่ไม่น่าสบาย เนื่องจากอาคารที่ "น่าอยู่ น่าสบาย" จะเพิ่มประสิทธิผลการใช้อาคาร กล่าวคือ ผู้อยู่อาศัยได้พักผ่อนเต็มที่ คนทำงานได้ทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพ ลดความเหนื่อยล้า ความป่วยไข้

ซึ่งสำหรับประเทศไทยแล้ว อาคารที่ได้รับการบังแดดที่ดี มีการกันความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ มีการเปิดรับลมธรรมชาติที่ถูกทิศทาง ได้รับแสงสว่างธรรมชาติที่ไม่น้อยหรือมากเกินไป รวมทั้งมีการระบายอากาศและกลิ่นของเสียต่าง ๆ อย่างเหมาะสมจะช่วยให้ผู้ใช้อาคาร หรือผู้อยู่อาศัยมีความสุขสบายและสามารถทำงานได้อย่างเต็มที่ หากเป็นกรณีของต่างประเทศ การทำงานในอาคารที่มีการออกแบบเน้นเรื่องความน่าสบาย และคุณภาพอากาศภายในที่ดีจะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการประกันสุขภาพของพนักงานในอาคารนั้นต่ำลงด้วย

5. ค่าใช้จ่ายด้านสาธารณูปโภคที่สูงขึ้น

สำหรับอาคารพักอาศัย การลดค่าใช้จ่ายด้านสาธารณูปโภค เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟ จะช่วยให้เจ้าของบ้านมีเงินเก็บไว้ใช้จ่ายในด้านอื่น ๆ ซึ่งหากบ้านได้รับการออกแบบที่ดี มีความเย็นสบาย ก็จะช่วยลดจำนวนชั่วโมงที่จำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศลง เช่น แทนที่จะต้องเปิดเครื่องปรับอากาศตั้งแต่เวลาสาย ก็อาจจะเลื่อนไปเริ่มเปิดเวลาบ่าย ซึ่งจะช่วยเจ้าของ

บ้านลดค่าไฟลงได้ หรือบ้านที่มีการเก็บน้ำทิ้งจากการล้างมือล้างหน้า เพื่อใช้ราดส้วม หรือใช้รดน้ำต้นไม้ในฤดูแล้ง (ภาพที่ 2-4) ก็จะไม่เพียงช่วยเจ้าของบ้านลดค่าน้ำ แต่ยังช่วยชุมชนลดการปล่อยน้ำเสีย ลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย และยังช่วยประเทศชาติให้มีปริมาณน้ำสำรองไว้ทำการเกษตรในเวลาที่เกิดภัยแล้ง สำหรับอาคารทั่วไป ค่าใช้จ่ายเพื่อสาธารณูปโภคเป็นต้นทุนในการทำธุรกิจที่สำคัญ โดยเฉพาะหากพิจารณาเรื่องการแข่งขันในโลกธุรกิจ องค์กรที่มีค่าใช้จ่ายสูงก็



ภาพที่ 2-4 ระบบการจัดการน้ำเสียจากการใช้งานภายในบ้านเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

จะเสียเปรียบ เช่น สำนักงาน โรงแรม หรือรีสอร์ตที่ได้รับการออกแบบอย่างไม่คำนึงถึงการประหยัดน้ำ ประหยัดพลังงาน จะประสบปัญหาทางธุรกิจมากยิ่งขึ้นเรื่อยๆ หากค่าใช้จ่ายสาธารณูปโภคต่างๆ มีราคาสูงขึ้น โดยเฉพาะถ้าหากคู่แข่งทางการตลาดมีต้นทุนทางด้านสาธารณูปโภคต่างๆ ต่ำกว่ามาก

6. การเพิ่มมูลค่าอาคาร

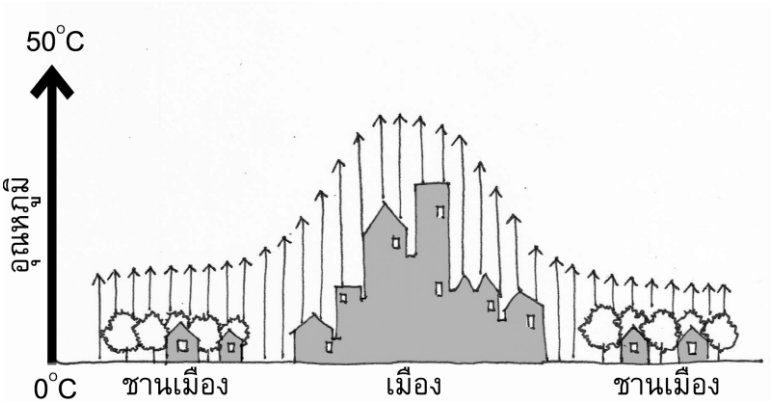
สำหรับบ้านเรือนหรืออาคารที่มีพื้นที่ให้เช่าหรือขายต่อ ปัจจัยสำคัญหนึ่งที่ผู้ซื้อหรือผู้เช่าให้ความสำคัญคือค่าสาธารณูปโภค ค่าไฟ ค่าน้ำ ที่จะต้องจ่ายภายหลัง ซึ่งหากอาคารบ้านเรือนมีการออกแบบก่อสร้างที่ดีน่าอยู่น่าสบาย มีประสิทธิภาพการประหยัดน้ำ ประหยัดไฟฟ้า ก็จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ตัวอาคารเอง ซึ่งอาจจะไม่จำเป็นต้องอยู่ในรูปของราคาค่าเช่าหรือราคาซื้อขายที่สูงขึ้นเสมอไป แต่มักเป็นปัจจัยที่ผู้ซื้อเลือกในขั้นสุดท้าย เช่น ในกรณีที่มีอาคารที่มีราคาเท่ากันแต่อาคารหลังหนึ่งมีการออกแบบที่รักษาสิ่งแวดล้อมและประหยัดกว่าอาคาร

หลังอื่น ๆ นอกจากนี้อาคารบ้านเรือนที่เริ่มมีอายุมากขึ้น และเจ้าของอาคารต้องการขายต่อหรือปล่อยให้เช่า อาคารที่มีประสิทธิภาพสูงจะขายได้ราคาสูงมากกว่าอาคารปกติ ซึ่งจากการสำรวจโดยสภาอาคารเขียวแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Green Building Council) พบว่าอาคารที่รักษาสิ่งแวดล้อมที่ได้รับการติดฉลากรับรองเป็นอาคารเขียวจะมีราคาซื้อขายที่สูงกว่าอาคารทั่วไปในท้องตลาด

7. มลภาวะในเมืองใหญ่และปรากฏการณ์เกาะเมืองร้อน

การเจริญเติบโตของเมืองใหญ่อย่างรวดเร็วได้ส่งผลให้เกิดปัญหาสภาวะแวดล้อมภายในเมือง เนื่องจากการอยู่อาศัยอย่างหนาแน่น การจราจรติดขัด อากาศพิษ และการลดลงของพื้นที่สีเขียวในเมือง เกิดเป็นปรากฏการณ์เกาะเมืองร้อน (Urban Heat Island) โดยที่ในเขตเมืองจะมีอุณหภูมิสูงกว่านอกเมืองตลอดทั้งเวลากลางวันและกลางคืน การปรับสภาพเมืองให้กลับมามีคุณภาพที่ดี น่าอยู่เหมือนในอดีตจำเป็นต้องใช้เวลามาก และต้องมีการจัดการอย่างเป็น

ระบบ ซึ่งในส่วนของอาคารบ้านเรือนในตัวเมือง นอกจากจะต้องมีการออกแบบที่ส่งเสริมคุณภาพอากาศของเมืองด้วยการเพิ่มพื้นที่สีเขียว การมีสวนหลังคา การเพิ่มพื้นที่ซึมน้ำให้เกิดการระเหยของน้ำ เพื่อสร้างความเย็นให้เมืองแล้ว การออกแบบอาคารให้มีการใช้พลังงานสะอาด ลดการใช้เครื่องปรับอากาศ รวมทั้งการปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพจะเป็นการลดการปล่อยความร้อนสู่เมืองจากเครื่องปรับอากาศ ทั้งนี้อาคารคาร์บอนต่ำในเขตเมืองที่ช่วยลดการใช้พลังงานจะต้องออกแบบโดยการคำนึงถึง



ภาพที่ 2-5 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศตามลักษณะพื้นที่เมืองซึ่งอธิบายปรากฏการณ์เกาะเมืองร้อน โดยในพื้นที่เมืองที่มีความหนาแน่นของอาคารและสิ่งปลูกสร้าง จะมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่บริเวณชานเมืองที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า

การหลีกเลี่ยงความร้อนจากภายนอก และความร้อนจากดวงอาทิตย์ด้วยการลดการใช้กระจกที่รับความร้อนมากจนเกินไป และการใช้วัสดุฉนวนป้องกันความร้อนที่เหมาะสม จึงจะสามารถลดการใช้เครื่องปรับอากาศ และลดความร้อนที่ปล่อยออกมาสู่ภายนอก รวมทั้ง การสร้างความเย็นคืนกลับให้แก่เมืองด้วยพื้นที่สีเขียวที่มากกว่าปกติ ซึ่งที่กล่าวมาทั้งหมดจะเป็นเหตุผลหลักที่อาคารบ้านเรือนในเมืองใหญ่จะต้องมีการกำกับดูแลอย่างเข้มงวดให้เป็นอาคารคาร์บอนต่ำมากกว่าอาคารในที่อื่นๆ

8. CSR และความต้องการในท้องตลาด

กระแสการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้กระตุ้นให้องค์กร บริษัท ห้างร้านต่างๆ ต้องดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อส่งเสริมสภาพแวดล้อม โดยจัดว่าเป็นการแสดงความรับผิดชอบต่อสังคม หรือ Corporate Social Responsibility (CSR) ซึ่งองค์กรต่างๆจะต้องแสดงออกถึงการรับผิดชอบต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยอย่างน้อยที่สุดจะต้องทำให้อาคารสิ่งก่อสร้างที่ตนเป็นเจ้าของ ต้องเป็นอาคาร

ที่มีประสิทธิภาพสูงทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น เป็นอาคารประหยัดพลังงาน และลดผลกระทบต่อชุมชนรอบข้าง ดังนั้น การก่อสร้างอาคารคาร์บอนต่ำจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่องค์กรต่างๆ พึงกระทำ ซึ่งสนับสนุนให้เกิดความต้องการอาคารคาร์บอนต่ำในท้องตลาด จึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่ผู้ออกแบบอาคาร และผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์จะต้องเร่งดำเนินการให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดจากนักลงทุนทั้งในประเทศและต่างประเทศ

9. การเปิดเสรีทางการค้าและบริการ

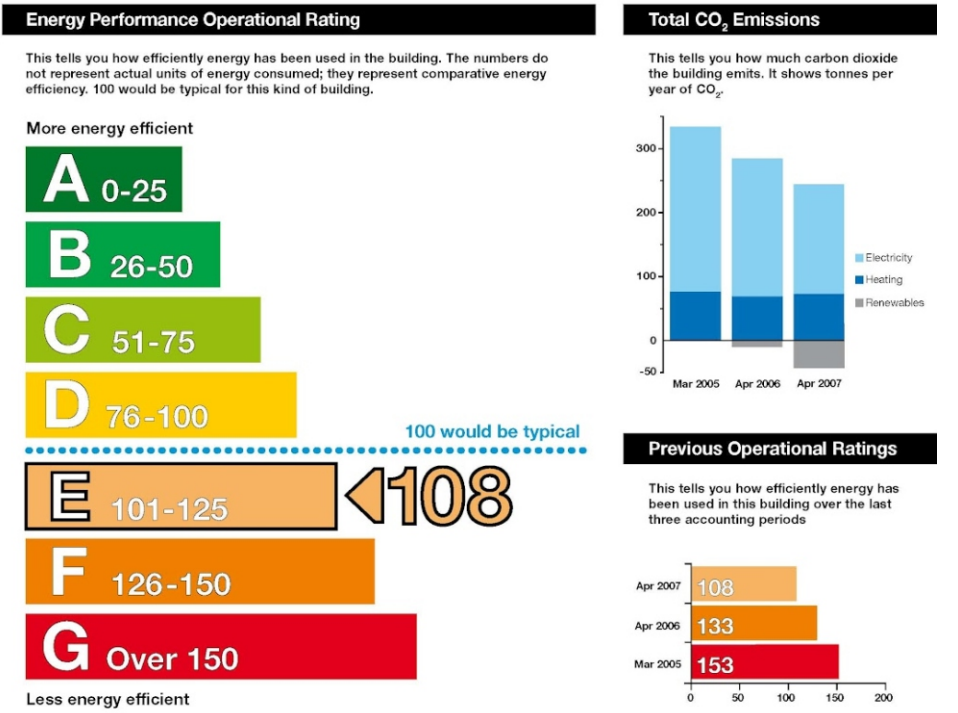
การเปิดเสรีทางการค้าและบริการโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภูมิภาคพื้นเอเชียตะวันออก-เฉียงใต้ หรือประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน หรือเออีซี (AEC – Asean Economic Community) จะเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความต้องการอาคารสิ่งก่อสร้างที่ได้มาตรฐานสิ่งแวดล้อมในระดับนานาชาติ เพื่อรองรับผู้ลงทุนต่างชาติ ซึ่งผู้ลงทุนเหล่านั้นมักจะมีความเกี่ยวข้องทางธุรกิจ กับองค์กรต่างชาติอื่นๆ ที่กว้างกว่าภาคพื้นเอเชียตะวันออก-

เฉียงใต้ไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หากเป็นธุรกิจการผลิตสินค้าและบริการให้แก่บริษัทจากชาติตะวันตกที่ได้ลงนามเข้าร่วมในพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) เพื่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก บริษัทเหล่านั้นจำเป็นที่จะต้องแสดงความรับผิดชอบในเรื่องดังกล่าว โดยการซื้อหาหรือก่อสร้างอาคารบ้านเรือน หรือโรงงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามข้อกำหนดจากบริษัทแม่ในต่างประเทศ รวมทั้งต้องทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์ขององค์กร ซึ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนหนึ่งจะเกิดขึ้นจากการใช้ไฟฟ้า การก่อให้เกิดขยะและน้ำเสียจากอาคาร ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ออกแบบอาคารและผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ของไทยจะต้องศึกษาเรียนรู้ และก่อสร้างอาคารคาร์บอนต่ำที่จะส่งผลให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ลดลงมากกว่าในอดีตที่ยังไม่มีความสนใจในเรื่องนี้จากนักลงทุนชาวไทยมากนัก

10. กลไกการกีดกันทางการค้าในระดับนานาชาติ

กระแสการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมไม่ได้แค่ทำประโยชน์ให้แก่ฝ่ายที่พยายามดำเนินการเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม แต่ยังส่งผลกระทบต่อฝ่ายที่ยังมิได้ดำเนินการใดๆอย่างเป็นรูปธรรม กลไกด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น ISO14000 และ ISO50001 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์ หรือการรับรองอาคารเขียว (Green Building Certification) ที่พยายามสร้างมาตรฐานการจัดการทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมให้แก่องค์กรต่างๆ อาจถูกใช้เป็นเครื่องมือในการกีดกันทางการค้าหรือบริการในระดับนานาชาติได้ที่เกิดขึ้นในอนาคต ดังนั้นอาคารคาร์บอนต่ำที่มีการออกแบบให้มีประสิทธิภาพทางด้านสิ่งแวดล้อม จะเป็นเสมือนเกราะกำบังให้แก่ผู้ประกอบการไทย หากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์ ถูกใช้เป็นเครื่องมือในการจัดอันดับองค์กรทางธุรกิจ ที่จะมีสิทธิเข้าร่วมในประชาคมโลก หรือทางด้านธุรกิจการค้าระหว่างประเทศ ซึ่งถึงแม้ในปัจจุบันจะยังไม่สร้างผลกระทบ ที่มีต่อธุรกิจในประเทศไทยมากนัก แต่การเตรียมการที่ดี

จะส่งผลดีต่อองค์กรในวันหน้า และสนับสนุน
ให้เศรษฐกิจของประเทศเกิดการพัฒนาอย่าง
ยั่งยืน



ภาพที่ 2-6 ตัวอย่างการติดฉลากประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร และประเมินผลค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากค่าการใช้พลังงานต่อปี ซึ่งจัดทำโดยรัฐบาล ประเทศสหราชอาณาจักร

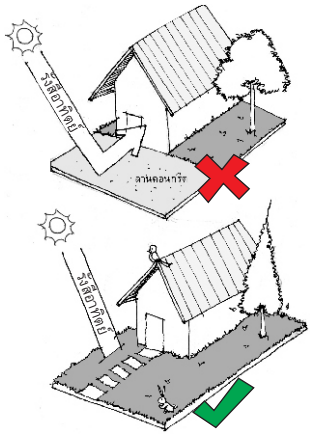
3

แนวทางการออกแบบ เลือกซื้อ และปรับปรุง บ้านและอาคารคาร์บอนต่ำ สำหรับประชาชนทั่วไป

แนวทางการออกแบบ ปรับปรุง และเลือกซื้อ บ้านและอาคารคาร์บอนต่ำสำหรับประชาชนทั่วไป

1. ลดแหล่งสะสมความร้อนภายในบ้าน

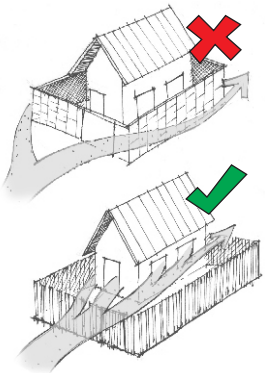
ลดการมีพื้นที่ลานคอนกรีตภายในบ้าน เนื่องจากลานคอนกรีตจะสะสมความร้อนในเวลากลางวัน และปล่อยออกมาในเวลากลาง-คืน นอกจากนี้ การมีลานคอนกรีตยังทำให้ลมที่พัดผ่านลานดังกล่าวนำความร้อนเข้าสู่บ้านด้วย (ภาพที่ 3-1)



ภาพที่ 3-1 ใช้ลานพืชพรรณ เพื่อรับแดดแทนลานคอนกรีต ซึ่งจะปล่อยความร้อนสู่บ้าน

2. รั้วบ้านต้องโล่ง โปร่ง สบาย

รั้วบ้านที่ทึบตันจะเป็นผนังกั้นไม่ให้ลมพัดเข้าสู่พื้นที่ภายในบริเวณบ้านและตัวบ้าน ดังนั้น ควรพิจารณาออกแบบบ้านให้มีรั้วโปร่ง (ภาพที่ 3-2)



ภาพที่ 3-2 ออกแบบบ้านให้มีรั้วโปร่ง เพื่อให้ลมธรรมชาติสามารถพัดผ่านได้แทนการใช้รั้วทึบรอบตัวบ้าน

ภาพที่ 3-3 ต้นหูกระจง

3. ปลูกต้นไม้ให้ร่มเงา

นอกจากต้นไม้จะสร้างความสวยงามให้บริเวณบ้านแล้ว รูปทรงของต้นไม้และพุ่มใบ (ภาพที่ 3-3) ยังช่วยบังแดดให้แก่บ้าน และพื้นที่รอบบ้านสร้างความร่มเย็นให้แก่บ้านได้เป็นอย่างดี ยิ่งไปกว่านั้นการคายน้ำของใบยังช่วยลดความร้อนในสภาพแวดล้อมได้อีกด้วย

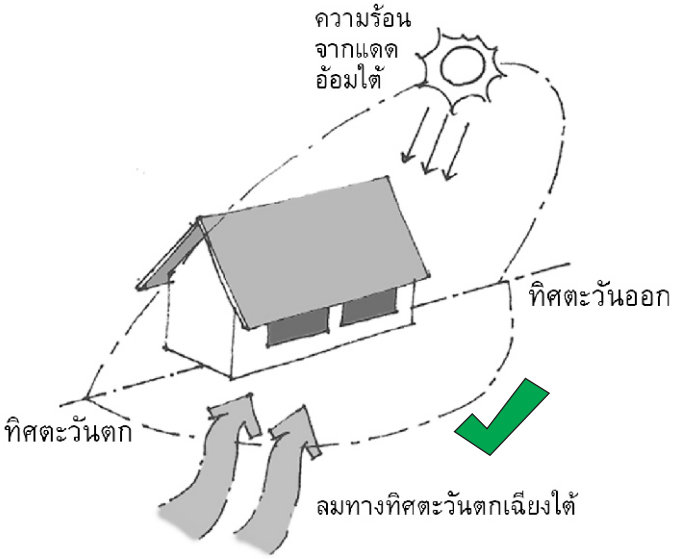
ภาพที่ 3-4 ต้นราชพฤกษ์

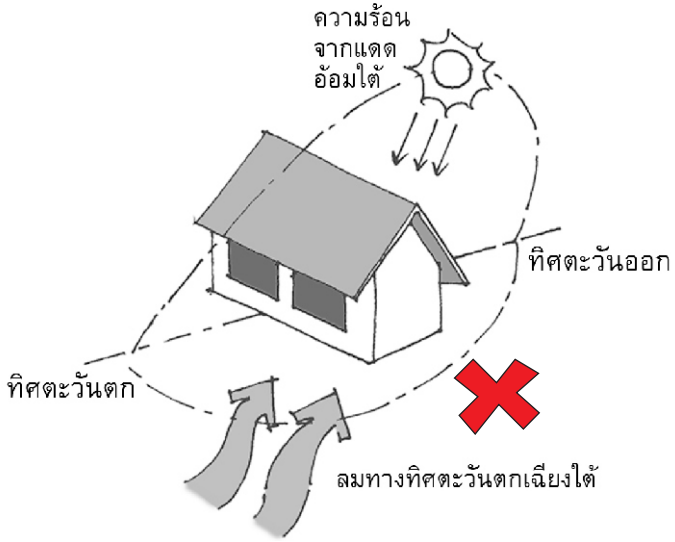
4. การเลือกพันธุ์ไม้ในสวน

ต้นไม้และพืชพรรณที่ปลูกในบ้านควรเป็นพันธุ์ไม้พื้นถิ่นที่มีความเหมาะสมต่อสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ทนต่อโรคและแมลงต่างๆได้ดี ใช้น้ำน้อย และไม่ต้องการการบำรุงและดูแลรักษามาก เช่น แคนา หูกระจง จำปา จำปี พะยอม มะขาม ราชพฤกษ์ (ภาพที่ 3-4) เป็นต้น นอกจากนี้ พรรณไม้ที่ปลูกเพื่อปรับปรุงทัศนียภาพในพื้นที่เมืองยังมีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.33 ตัน/ไร่/ปี หรือคิดอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยเท่ากับ 1.21 ตัน/ไร่/ปี

5. หันบ้านถูกทิศแดด-ลม-ฝน

แดดเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ความร้อนถ่ายเทจากภายนอกสู่ภายในบ้านมากเกินไป และทำให้ผู้อยู่อาศัยในบ้านรู้สึกไม่สบาย ภาพที่ 3-5 แสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ทางทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตกในลักษณะอ้อมใต้เป็นเวลาประมาณ 8-9 เดือน และมุมของแดดที่จะต่ำมากในทิศตะวันออกและตะวันตก ทำให้กันแดดได้ยาก ดังนั้น ควรออกแบบผนังและหน้าต่างด้านตะวันออกและตะวันตกให้มีพื้นที่น้อย เพื่อลดปริมาณความร้อนในเบื้องต้น ทั้งนี้ควรคำนึงถึงการวางอาคารรับลมเพื่อให้ลมเข้ามาทำความเย็นให้บ้าน โดยทิศทางลมประจำของประเทศไทย คือ ทิศใต้และตะวันตกเฉียงใต้ในฤดูร้อนและฤดูฝน และทิศตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาว ดังนั้นควรวางผังบ้านให้มีหน้าต่างเพื่อเปิดรับลมในทิศทางดังกล่าว





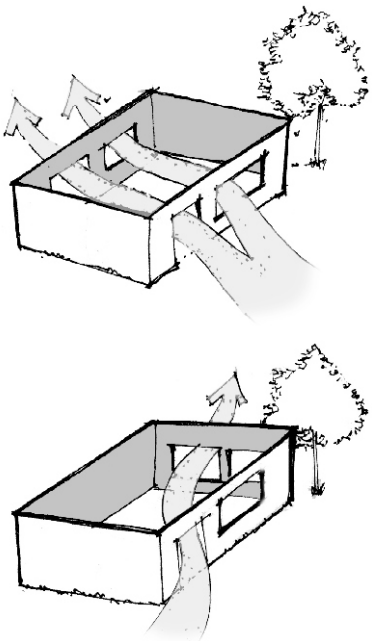
ภาพที่ 3-5 อิทธิผลของดวงอาทิตย์และลม ที่มีผลต่อการวางทิศทางอาคาร

6. แยกครัวไทยจากตัวบ้าน

การประกอบอาหารในครัวไทยก่อให้เกิดความร้อนสะสมในบริเวณดังกล่าวมาก ดังนั้นการนำครัวมาติดกับบ้านจะทำให้ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่บ้านอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะการวางครัวไทยติดกับห้องปรับอากาศจะยิ่งทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน

7. มีทางเข้าและทางออกของลม

หากต้องการให้ลมไหลเข้าสู่ตัวบ้านจะต้องมีการออกแบบที่คำนึงถึงช่องเปิด ดังภาพที่ 3-6 โดยให้มีทางลมเข้าและทางให้ลมไหลออก โดยการออกแบบที่ดีที่สุด คือ การวางทางเข้า-ออกของลมที่ขนาดเท่ากันไว้ตรงข้ามกัน ทั้งนี้ทางลมเข้าควรจะตอบรับกับทิศทางลมประจำ และลมที่พัดเข้าสู่ตัวบ้านควรจะเป็นลมเย็น ซึ่งทำได้โดยการหลีกเลี่ยงวางพื้นที่สะสมความร้อนไว้ตามทางลมดังที่กล่าวมาแล้วในขั้นต้น หรือสร้างแหล่งความเย็นในทางที่ลมพัดผ่าน เช่น สวนมีร่มเงาไม้ หรือบ่อน้ำ เป็นต้น



ภาพที่ 3-6 ควรวางช่องเปิดภายในอาคารให้ได้สองฝั่ง เพื่อเพิ่มช่องลมเข้าและออกในการระบายอากาศธรรมชาติ

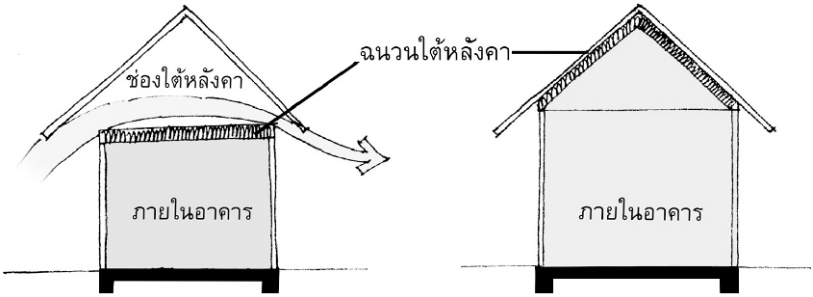
ภาพที่ 3-7 หลีกเลี่ยงการมีน้ำพุภายในอาคาร ซึ่งเป็นการเพิ่มความชื้น และภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

8. ระวังบ่อน้ำหรือน้ำพุในห้องปรับอากาศ

บ่อน้ำหรือน้ำพุจะเพิ่มความชื้นภายในบ้าน และทำให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงานหนักขึ้นเพื่อการนำความชื้นออกไป (ภาพที่ 3-7)

9. ควรมีฉนวนหลังคา

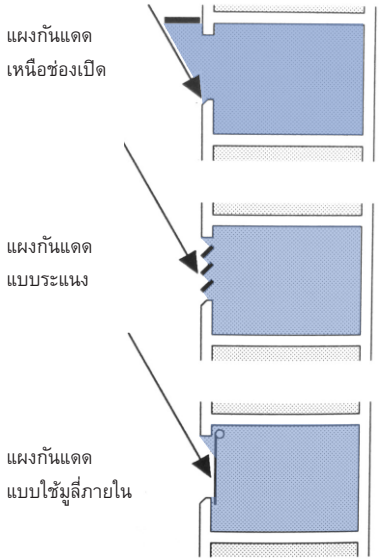
หลังคาเป็นพื้นที่ที่รับรังสีดวงอาทิตย์มาก และจะถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวบ้านมากที่สุด ดังนั้น จึงควรติดฉนวนหลังคาเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาเข้าสู่พื้นที่ภายในบ้าน โดยภาพที่ 3-8 แสดงการติดตั้งฉนวนในหลังคาประเภทต่าง ๆ



ภาพที่ 3-8 วิธีการใส่ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา ของหลังคาที่มีการระบายใต้หลังคา ซึ่งติดตั้งฉนวนบนฝ้า (ซ้าย) และของหลังคาที่ไม่มีการระบายอากาศใต้หลังคาซึ่งติดตั้งฉนวนบนฝ้าหรือใต้วัสดุมุงก็ได้ (ขวา) โดยมีหลักการสำคัญคือการติดตั้งฉนวนในตำแหน่งที่กันความร้อนจากรังสีอาทิตย์และอากาศร้อนภายนอก

10. ชายคากันแดด

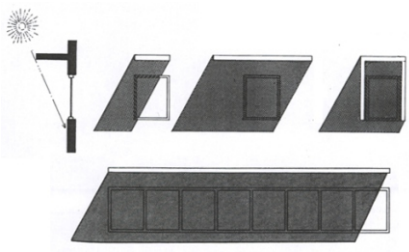
ควรมีชายคากันแดดให้กับผนังบ้านและหน้าต่าง โดยภาพที่ 3-9 และ ภาพที่ 3-10 แสดงลักษณะการบังแดดของชายคาทั้งแบบและระยะความยาวที่ส่งผลต่อการบังแดด โดยการติดตั้งชายคาควรติดตั้งบริเวณทิศใต้และทิศตะวันตก เนื่องจากมุมของดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อแดดที่จะเข้าสู่อาคาร ซึ่งนอกจากจะช่วยกันแดดแล้ว ยังกันฝนได้ด้วย โดยภาพที่ 3-11 แสดงรูปแบบของแผงกันแดดชนิดต่างๆ



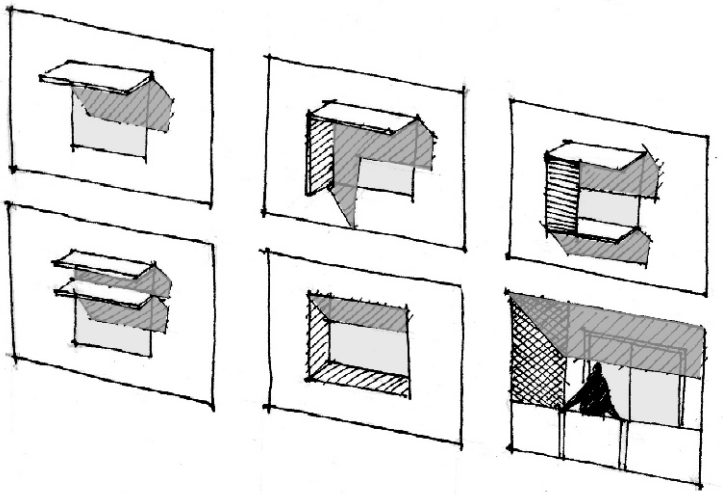
ภาพที่ 3-9 รูปแบบการใช้แผงกันแดด และลักษณะการป้องกันแดด

11. เลือกชนิดหน้าต่างให้เหมาะสม

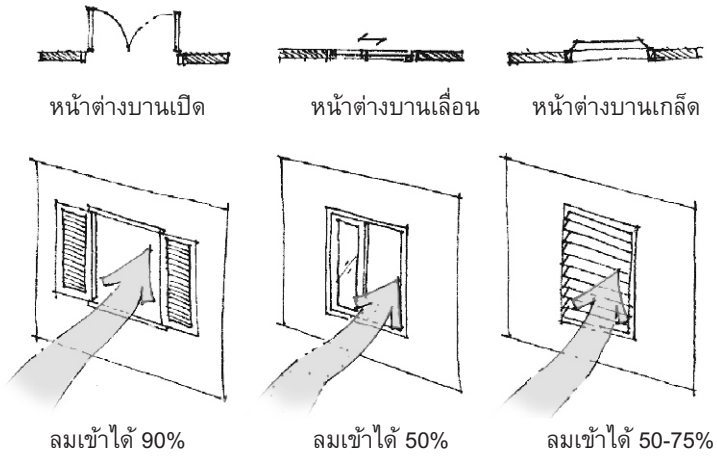
หน้าต่างแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการใช้สอยที่แตกต่างกันตามความต้องการ ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ภายในห้อง เช่น หน้าต่างบานเปิดมีประสิทธิภาพในการรับลมได้ถึง 90% เมื่อเทียบกับพื้นที่หน้าต่าง (ภาพที่ 3-12) แต่ต้องมีการเลือกเปิดให้สัมพันธ์กับทิศทางของลมด้วย หรือหน้าต่างบานเกล็ดสามารถเปิดปิดได้ง่าย แต่ไม่ควรติดตั้งกับพื้นที่ปรับอากาศ เนื่องจากมีโอกาสที่อากาศจะรั่วไหลสูง ในขณะที่บานเลื่อนจะมีพื้นที่ในการเปิดรับลมน้อยกว่าบานเปิด เป็นต้น



ภาพที่ 3-10 ลักษณะการบังเงาของแผงกันแดดประเภทต่างๆ



ภาพที่ 3-11 การออกแบบชายคาบังแดดรูปแบบต่างๆ



ภาพที่ 3-12 ประเภทของช่องเปิดแบบต่างๆ กับประสิทธิภาพการเข้าออกของลม

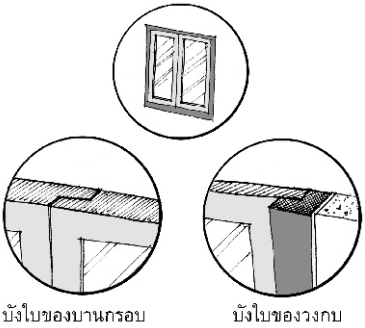
12. ใช้ผนังสีอ่อนภายนอกอาคาร

ผนังสีเข้มจะดูดกลืนความร้อนและถ่ายเทความร้อนสู่บ้าน ดังนั้น ควรเลือกผนังภายนอกอาคารที่มีสีอ่อน เช่น สีครีม สีเทาอ่อน สีขาว (ภาพที่ 3-13) หรือหากหลีกเลี่ยงไม่ได้ก็ควรติดตั้งฉนวนเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากผนังเข้าสู่บ้าน

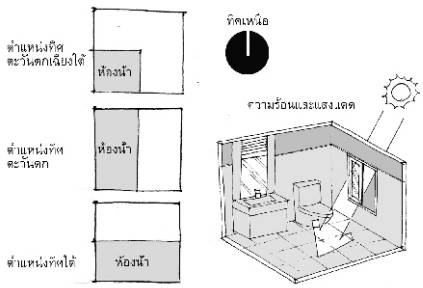
ภาพที่ 3-13 การใช้ผนังอาคารสีอ่อน

13. บังใบประตูหน้าต่างของห้องปรับอากาศ

ออกแบบให้บานกรอบของประตูและหน้าต่างมีบังใบและวงกบ เพื่อลดการรั่วซึมของอากาศและความชื้นภายนอก ซึ่งจะลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศจากการที่อากาศรั่วไหลออกไปจากช่องประตูและหน้าต่างซึ่งทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (ภาพที่ 3-14)



ภาพที่ 3-14 การใช้บังใบของบานกรอบและวงกบ เพื่อลดการรั่วไหลของอากาศที่ปรับอากาศแล้วจากภายในอาคารสู่ภายนอก เพื่อลดการใช้พลังงาน



ภาพที่ 3-15 การวางตำแหน่งห้องน้ำกับทิศทางที่ให้แสงแดดจะช่วยทำให้ห้องน้ำมีความสะอาดจากการฆ่าเชื้อโรคและความชื้น

14. ห้องน้ำรับแดด

แสงแดดจะช่วยฆ่าเชื้อโรคและลดความชื้นภายในห้องน้ำ จึงช่วยรักษาสุขอนามัย และห้องน้ำยังจะทำหน้าที่กั้นความร้อนไม่ให้เข้าสู่บริเวณอื่นของบ้านด้วย (ภาพที่ 3-15)

ภาพที่ 3-16 การออกแบบให้มีแสงสว่างธรรมชาติเข้าภายในบ้าน

15. เปิดรับแสงธรรมชาติจากทิศเหนือ

การใช้แสงธรรมชาติจะช่วยลดการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างภายในบ้านได้ โดยแสงจากทิศเหนือจะเป็นทิศทางที่มีประสิทธิภาพที่สุด เนื่องจากเป็นทิศทางที่ได้รับรังสีอาทิตย์โดยตรงน้อยที่สุด ทำให้หน้าต่างอาคารเปิดรับแสงธรรมชาติได้มากในขณะที่รับความร้อนเข้ามาน้อย (ภาพที่ 3-16)

16. การใช้วัสดุใช้แล้ว หรือวัสดุรีไซเคิล

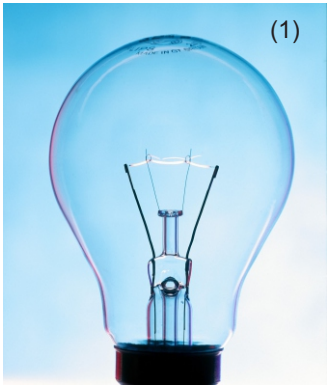
การเลือกใช้วัสดุใช้แล้ว หรือวัสดุรีไซเคิล สามารถลดการนำทรัพยากรใหม่ในธรรมชาติมาผลิต และลดการใช้พลังงานในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ด้วย ซึ่งในปัจจุบันมีให้เลือกใช้หลายอย่าง เช่น คอนกรีต เหล็ก ฝ้าเพดาน หรืออาจนำของหรือวัสดุที่ใช้แล้วมาใช้ซ้ำ เช่น บานประตู หน้าต่าง ไม้ฝา หรือเครื่องเรือน

17. วางคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศให้ถูกที่

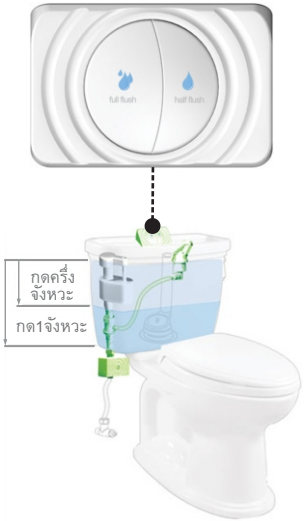
วางคอมเพรสเซอร์ไว้ในตำแหน่งที่ไม่ได้รับแสงแดดมากนักในเวลากลางวัน และสามารถระบายความร้อนจากเครื่องได้ดี เพื่อให้เครื่องปรับอากาศสามารถทำงานได้ดี และคงการสร้างสภาวะน่าสบายภายในบ้านไว้ได้

18. ใช้หลอดไฟที่ปล่อยความร้อนน้อย

นอกจากหลอดไฟจะให้ความสว่างแล้ว สิ่งที่ถูกผลิตขึ้นมาพร้อมกันคือความร้อน หลอดไฟแต่ละชนิดจะมีกำลังแสงสว่างที่ผลิตได้ต่อความร้อนที่ปล่อยออกไม่เท่ากัน เช่น หลอดไฟฟ้าชนิดหลอดไส้ (Incandescent Lamp) หรือหลอดฮาโลเจน (Halogen Lamp) เป็นชนิดที่ปล่อยความร้อนมากเมื่อเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนท์ (ภาพที่ 3-17)



ภาพที่ 3-17 แสดงชนิดหลอดไฟ
(1) หลอดไส้
(2) หลอดฮาโลเจน
(3) หลอดฟลูออเรสเซนท์



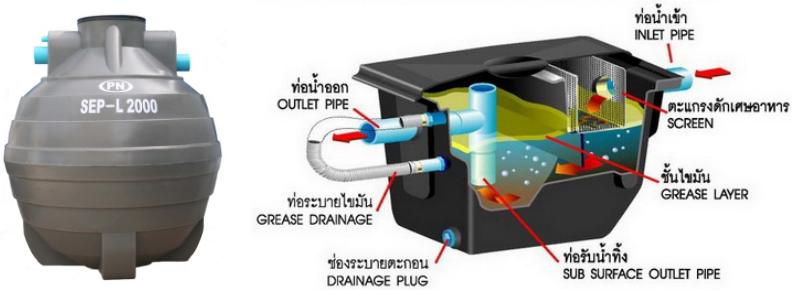
ภาพที่ 3-18 โถส้วมแบบกด 2 จังหวะ

19. สุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ

เลือกใช้โถส้วม โถปัสสาวะ ก๊อกน้ำ ฝักบัวที่มีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ โดยโถส้วมไม่ควรใช้น้ำเกิน 6 ลิตร ต่อการกด 1 ครั้ง หรืออาจเลือกใช้แบบที่มีการใช้การกด 2 จังหวะ (3 ลิตร หรือ 6 ลิตร) เพื่อลดการใช้น้ำประปา และพลังงานที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา (ภาพที่ 3-18)

20. ติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย

ติดตั้งถังบำบัดน้ำเสีย และถังดักไขมันจากอาคารและบ้านเรือน (ภาพที่ 3-19) ก่อนปล่อยออกสู่ทางระบายน้ำสาธารณะ เพื่อลดปริมาณน้ำเสียที่ภาครัฐต้องทำการบำบัด และลดโอกาสปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติ หรืออาจติดตั้งระบบบำบัดน้ำ เพื่อนำน้ำกลับมาใช้ภายในบ้านสำหรับรดน้ำต้นไม้ หรือใช้กับโถส้วม

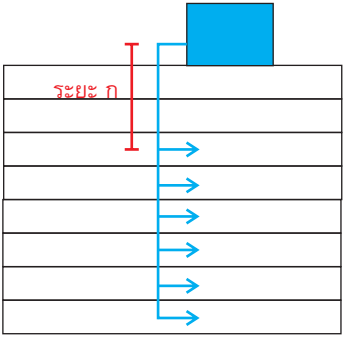


ภาพที่ 3-19 (ซ้าย) ถังบำบัดน้ำเสีย (ขวา) ถังดักไขมัน
แบบวางบนพื้นสามารถต่อตรงกับอ่างล้างจาน

ข้อคิดผิดเสมอ

1. มีถังเก็บน้ำบนหลังคา ในอาคารเตี้ยกว่า 5 ชั้นช่วยประหยัดพลังงาน

อาคารที่มีความสูงน้อยกว่า 5 ชั้น จะไม่เหมาะกับการติดตั้งระบบจ่ายน้ำจากถังเก็บน้ำบนหลังคาด้วยแรงโน้มถ่วง เนื่องจากความสูงดังกล่าวไม่สามารถทำให้เกิดแรงดันน้ำมากพอต่อการใช้งาน และทำให้ต้องติดตั้งปั๊มน้ำอัดแรงดันเพิ่มอยู่ดี อีกทั้งยังเป็นการเปลืองโครงสร้างเพื่อรองรับน้ำหนักถังเก็บน้ำด้วย (ภาพที่ 3-20)



ภาพที่ 3-20 การติดตั้งถังเก็บน้ำบนหลังคาและจ่ายโดยใช้แรงโน้มถ่วง ซึ่งจะต้องมีความสูงระหว่างจุดจ่ายน้ำ และถังเก็บน้ำ (ระยะ ก) มากพอที่จะมีแรงดันน้ำสำหรับใช้งานได้

2. ปิดเครื่องปรับอากาศแล้วเปิดหน้าต่างทันทีจะประหยัดพลังงาน

การเปิดหน้าต่างจะทำให้ความชื้นจากอากาศภายนอกไหลเข้าสู่พื้นที่ภายในบ้านและสะสมอยู่ในเครื่องเรือนภายในบ้าน อย่างเช่น พรม เสื้อผ้า และผ้าม่าน ซึ่งจะทำให้เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศครั้งถัดไปเครื่อง-ปรับอากาศต้องทำงานหนักมากขึ้นในการนำความชื้นออกไป ดังนั้น กรณีที่คาดว่าจะใช้เครื่องปรับอากาศต่อเนื่องภายในห้องไม่ควรจะเปิดหน้าต่าง แต่ถ้าหากไม่มีการใช้แล้วก็สามารถที่จะเปิดได้

ภาพที่ 3-21 การใช้ประตูห้องน้ำแบบปิดทึบ เพื่อป้องกันความชื้นจากห้องน้ำรั่วไหลสู่พื้นที่ปรับอากาศ

3. ประตูห้องน้ำต้องติดบานเกล็ดจะช่วยประหยัด พลังงาน

ประตูบานเกล็ดจะทำให้ความชื้นจากห้องน้ำรั่วไหลไปสู่พื้นที่ปรับอากาศ และทำให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงานหนักขึ้นเพื่อนำความชื้นส่วนนั้นออกไป ดังนั้น ห้องน้ำที่ติดกับห้องที่ปรับอากาศควรเป็นประตูทึบป้องกันการรั่วไหลของอากาศเข้าสู่ห้องน้ำ รวมทั้งความชื้นจากห้องน้ำเข้าสู่ห้องปรับอากาศ (ภาพที่ 3-21)

ภาพที่ 3-22 พัดลมฟักทอง

4. พัดลมฟักทองระบายความร้อนประหยัดพลังงานกว่า

พัดลมฟักทอง (ภาพที่ 3-22) ไม่เหมาะสมกับการติดตั้งอยู่บนหลังคาของบ้าน เนื่องจากถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับอาคารประเภทโรงงานซึ่งมีปริมาตรใต้หลังคามาก นอกจากนี้การทำให้อากาศมีการเคลื่อนที่ในบริเวณใต้หลังคายังทำให้คุณสมบัติการเป็นฉนวนของอากาศในพื้นที่ดังกล่าวลดลง ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการติดพัดลมฟักทองในบ้านพักอาศัย

ข้อครุ่นควรคิด

1. ต่อท่อน้ำระบบ by pass ดีกว่า

การติดตั้งระบบท่อน้ำในห้องน้ำตามตำแหน่งสุขภัณฑ์ต่าง ๆ ควรติดตั้งท่อน้ำในระบบ By Pass เพื่อความสะดวกในการซ่อมแซมและแก้ไข รวมทั้งสามารถลดค่าน้ำประปากรณีเกิดท่อแตก ท่อรั่ว ท่อซึมได้

2. ระวังการใช้ Bay Window

หน้าต่างชนิดแบบ Bay window (ภาพที่ 3-23) ซึ่งยื่นออกจากตัวบ้านมีจุดประสงค์เพื่อการรับแสงแดดและแสงสว่าง ซึ่งเหมาะกับอาคารในเมืองหนาวเพื่อการทำความอบอุ่นให้บ้าน ซึ่งมีหลักการการออกแบบแตกต่างกับของประเทศไทย การจะติดตั้งหน้าต่างดังกล่าวจึงควรจะคำนึงถึงทิศทางแดดในประเทศไทยให้มาก

ภาพที่ 3-23 ลักษณะของ Bay window ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับทิศทางการวางอาคาร เพราะเป็นหน้าต่างที่มีพื้นที่กระจกมาก และรับรังสีดวงอาทิตย์เข้ามาในอาคารมาก

3.ประหยัดพลังงานชาติด้วยการเลี่ยง Peak Load

Peak Load คือ ช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งเป็นช่วงหัวค่ำ (18:00-22:00) ที่ผู้คนกลับถึงบ้านและทำกิจกรรมต่างๆ พร้อมกัน ดังนั้น การไฟฟ้าจึงกำหนดให้ค่าไฟฟ้าในเวลาดังกล่าวมีค่าสูงสุด ซึ่งหากสามารถหลีกเลี่ยงได้ก็จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าได้มาก รวมทั้งช่วยชาติในการลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุด

*หมายเหตุ - แนวทางที่กล่าวมาในบทนี้ได้รับการปรับจากเอกสาร 20 แม่ไม้บ้านประหยัดพลังงาน โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวง-พลังงาน

4

ผลงานการประกวดแบบ

บ้านและอาคารตึกแถว
คาร์บอนต่ำ

หลักเกณฑ์และเหตุผลเกี่ยวกับโครงการประกวดแบบ

ในปี พ.ศ.2554 องค์การบริหารจัดการ-ก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ร่วมกับบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) ได้ดำเนินโครงการประกวดแนวคิดการออกแบบบ้านและอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำ เพื่อส่งเสริมให้มีการออกแบบบ้านและอาคารตึกแถวที่สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือน-กระจก และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตลอดจนใช้ทรัพยากรอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีเกณฑ์พิจารณาในการตัดสิน ดังนี้

1.ความสามารถในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

- ลดการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่างได้อย่างเหมาะสม
- การเพิ่มพื้นที่สีเขียว และการเลือกพันธุ์ไม้ที่สามารถดูดซับคาร์บอนได้สูง
- ลดการเกิดของเสีย และมีวิธีการจัดการของเสียถูกสุขลักษณะโดยคำนึงถึงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2.ความสามารถในการตั้งรับปรับตัวจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

- การปรับตัวและป้องกันต่อผลกระทบจากสภาวะน้ำท่วม เช่น ระบบระบายน้ำ การคำนึงถึงทิศทางการไหลของน้ำ เป็นต้น
- การปรับตัวและป้องกันต่อผลกระทบจากปรากฏการณ์ความร้อนสูง เช่น Heat Wave, Heat Island (โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการลดพื้นที่ดาดแข็งการบังแดดและการใช้ร่มเงา การออกแบบเปลือกอาคาร การใช้รูปทรงและโครงสร้างของบ้านและอาคารเพื่อช่วยในการลดการสะสมความร้อนและความชื้นภายในบ้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการบังแดด บังฝน และระบายอากาศตามธรรมชาติ รูปแบบการจัดวางของต้นไม้ภายในบ้านและอาคาร)

3.การใช้วัสดุและทรัพยากรที่เป็นมิตรต่อ สิ่งแวดล้อม

- ใช้วัสดุในท้องถิ่น วัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือวัสดุรีไซเคิล
- ใช้วัสดุในปริมาณน้อย หรือเท่าที่จำเป็นตามความเหมาะสม
- ใช้วัสดุที่มีกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- ใช้วัสดุที่มีความสามารถช่วยลดความร้อนและการจัดวางตำแหน่งของวัสดุต่าง ๆ อย่าง เหมาะสม
- การใช้น้ำในบ้านและอาคารอย่างประหยัด
- มีการกักเก็บน้ำฝนและน้ำสะอาดไว้ใช้

4.ความคิดสร้างสรรค์ สุนทรียภาพ ความสะดวกในการใช้งาน และความเหมาะสมของราคาในการก่อสร้าง

จากผลการดำเนินการดังกล่าว คณะกรรมการตัดสินได้พิจารณามอบรางวัลชนะเลิศให้กับผลงานที่ส่งเข้าประกวดจำนวน 3 ผลงาน ดังนี้

บ้านเดี่ยวประเภทบุคคลทั่วไป

ชื่อผลงาน “บ้าน บ้าน” ซึ่งเป็นผลงานร่วมของผู้มีรายนามต่อไปนี้

- นายศราวุฒิ ปิ่นทอง
- นายกิตติพงษ์ เงินอยู่
- นายกศิดิษ วิสมิตนันท์

บ้านเดี่ยวประเภทนักศึกษา

ชื่อผลงาน “Under Tree” ซึ่งเป็นผลงานร่วมของผู้มีรายนามต่อไปนี้

- นายเพิ่มพล เพิ่มพูนสินชัย
- นายวรัท รอดเพชรไพร
- นายชัยภัทร ชุติคาม

จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาคารตึกแถวประเภทนักศึกษา

ชื่อผลงาน “Vertigo” ซึ่งเป็นผลงานร่วมของผู้มีรายนามต่อไปนี้

- นางสาวพิมพ์พรรณ จิโรจน์วงศ์
- นายดนู กตัญญุตานันท์
- นายวีรภัทร ไตรทิพย์เทวินทร์

จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นอกจากนี้ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกยังได้จัดทำโครงการวิจัยเพื่อพัฒนาผลงานทั้ง 3 ให้เป็นแบบก่อสร้างจริง พร้อมทั้งมีผลการศึกษาวิจัยทางวิชาการรองรับถึงความสามารถในการลดก๊าซเรือนกระจก เพื่อที่จะนำไปเผยแพร่ให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและประชาชน นำไปก่อสร้างบ้านและอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำได้จริง อีกทั้งผลการศึกษาวิจัยดังกล่าวยังช่วยรณรงค์ให้ นักออกแบบ สถาปนิก ผู้รับเหมา ผู้ประกอบธุรกิจด้านที่อยู่อาศัย ผู้ที่ต้องการซื้อหรือสร้างบ้าน อาคารตึกแถว เกิดความตระหนักและเห็นความสำคัญ มีความรู้ความเข้าใจถึง หลักเกณฑ์ที่สำคัญที่ควรคำนึงถึงและให้ความสนใจในการออกแบบที่อยู่อาศัยที่มีส่วนช่วยในการลดก๊าซเรือนกระจก

รูปแบบที่ 1

“บ้าน บ้าน”

บ้านเดี่ยว 1 ชั้น

3 ห้องนอน 2 ห้องน้ำ

พื้นที่ใช้สอย 160 ตร.ม.

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการก่อสร้าง

49.91 tonCO_2eq

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการอยู่อาศัย 30 ปี

1.33 tonCO_2eq / ปี

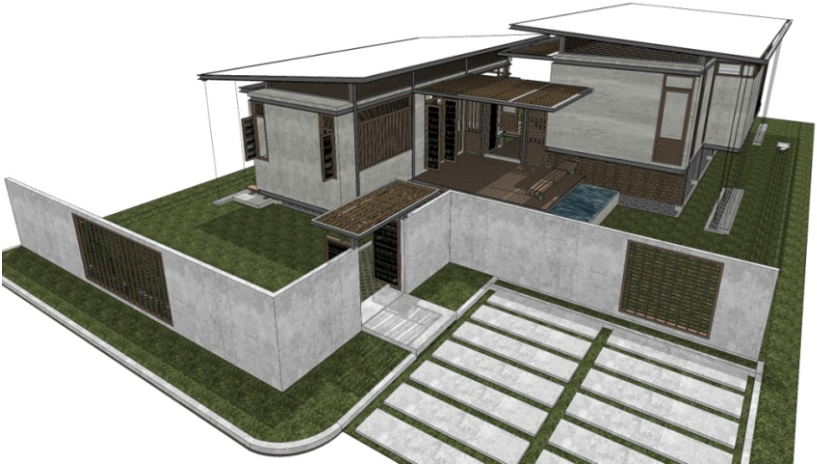
ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการอยู่อาศัย ได้มากกว่าบ้าน / อาคาร แบบปกติอยู่ที่

66 %

แนวความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมแบบ “บ้าน บ้าน" มุ่งใช้หลักในการพึ่งพาธรรมชาติ เพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย โดยใช้หลักการของธาตุทั้ง 4 คือ “ดิน น้ำ ลม ไฟ” เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นของการคืนความสมดุลเพื่อการอยู่ร่วมกันระหว่าง มนุษย์กับธรรมชาติ ผ่านทางสถาปัตยกรรมแบบ “บ้าน บ้าน”

ภาพที่ 4-1 ทัศนียภาพของแบบบ้านชนะเลิศระดับวิชาชีพ **ชื่อแบบ “บ้าน บ้าน”**

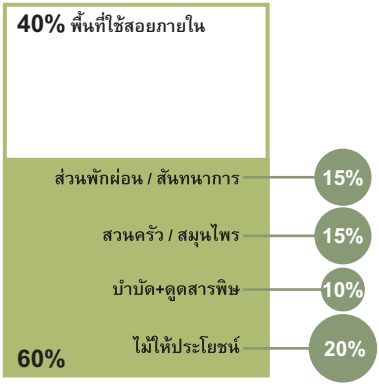
ภาพที่ 4-2 ผังพื้นและผังบริเวณอาคารแบบ “บ้าน บ้าน”
(ลิขสิทธิ์ของ อบก. ห้ามนำไปใช้เพื่อประโยชน์ทางการค้า)



ภาพที่ 4-3 การจัดวางตัวอาคาร “บ้าน บ้าน”

“ดิน”

การแบ่ง “สัดส่วน” การใช้ที่ดินออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร 40% และพื้นที่สีเขียว 60% โดยแบ่งพื้นที่สีเขียวเพื่อสวนเพื่อการสันทนาการ พืชผักสวนครัว สมุนไพรไม้บำบัดและดูดซับสารพิษ ไม้ต้นที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ตัวบ้านที่ยกพื้นสูงทำให้ใต้ถุนบ้านเปิดพื้นที่ให้น้ำผ่านได้ในฤดูน้ำหลาก

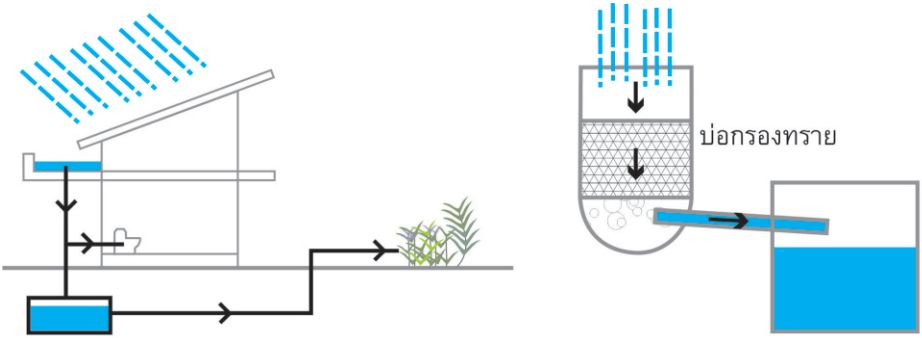


ภาพที่ 4-4 สัดส่วนการใช้ที่ดินของแบบ “บ้าน บ้าน”

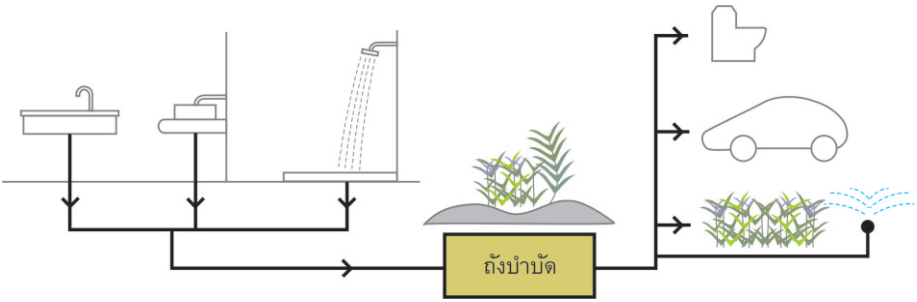
“น้ำ”

ด้วยวิธีแบบ “บ้าน บ้าน" คือการจัดการน้ำฝน โดยการกักเก็บด้วยระบบรางน้ำนำไปผ่านระบบกรองก่อนลงสู่ระบบจัดเก็บ เพื่อรอการนำไปใช้ในการอุปโภคบริโภคต่อไป อีกทั้งยังมีการเตรียมระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อใช้ในการรดต้นไม้และพืชพรรณในพื้นที่

ในส่วนของน้ำทิ้งที่มาจากครัวจะมารวมกันก่อนที่จะผ่านระบบดักไขมันก่อนนำไปผ่านระบบบำบัดน้ำ เพื่อนำกลับไปใช้ในโถสุขภัณฑ์และรดน้ำต้นไม้



ภาพที่ 4-3 การกักเก็บน้ำฝนของแบบ “บ้าน บ้าน”



ภาพที่ 4-5 การจัดการน้ำทิ้งจากกิจกรรมภายในบ้านของแบบ “บ้าน บ้าน”

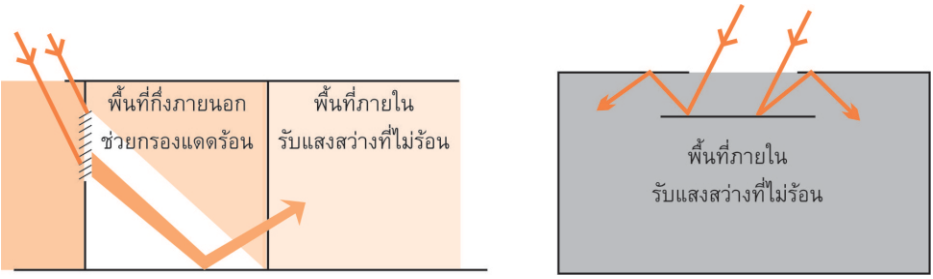
“ลม”

เพื่อการสร้างสภาวะน่าสบาย บ้านจึงถูกออกแบบให้มีการแยกอาคารออกเป็น 2 หลัง และยกใต้ถุนสูง เพื่อให้มีลมพัดผ่าน อีกทั้งยังมีการทำหลังคาสองชั้น ฝาไหล และผนังหายใจได้ เพื่อเพิ่มความสามารถในการระบาย และการถ่ายเทความร้อนให้กับอาคารและพื้นที่โดยรอบ และยังมีการออกแบบพื้นที่ชานบ้านที่นอกจากจะมีใช้เพื่อรองรับกิจกรรมต่าง ๆ แล้วยังเป็นพื้นที่ปรับอุณหภูมิระหว่างภายนอกกับพื้นที่ภายในของตัวอาคารอีกด้วย และมีการใช้ต้นไม้เพื่อดูดซับความร้อน และป้องกันแสงแดดที่จะตกกระทบบนผนังบ้าน ดังนั้นจึงมีการถ่ายเทความร้อนผ่านผิวอาคารน้อยในขณะที่มีลมเข้ามาทำความเย็นให้กับอาคาร

ภาพที่ 4-6 การยกใต้ถุนสูงและการออกแบบชานบ้านของแบบ “บ้าน บ้าน”

“ไฟ”

มีการคำนึงถึงการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารโดยการใช้หลังคาที่เป็นพืชพรรณ รวมถึงการลดพื้นที่ดาดแข็ง เพื่อลดการดูดกลืนและการสะท้อนความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร ในส่วนของการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามีการใช้แสงธรรมชาติ การใช้หลอดประหยัดไฟ และการกำหนดจุดการใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างและกำลังที่เหมาะสม



ภาพที่ 4-7 แนวความคิดการเปิดรับแสงธรรมชาติ
เข้าสู่ภายในอาคารของแบบ “บ้าน บ้าน”

รูปแบบที่ 2

Under Tree

บ้านเดี่ยว 2 ชั้น

3 ห้องนอน 4 ห้องน้ำ

พื้นที่ใช้สอย 240 ตร.ม.

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการก่อสร้าง

162.02 tonCO_2eq

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการอยู่อาศัย 30 ปี

1.54 tonCO_2eq / ปี

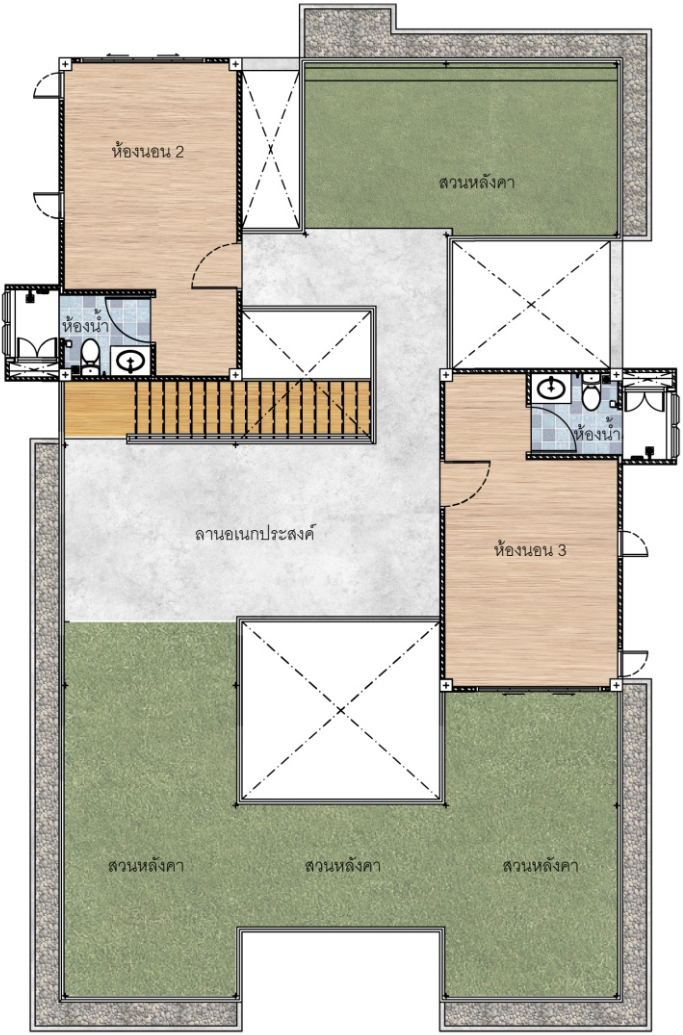
ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการอยู่อาศัย ได้มากกว่าบ้าน / อาคาร แบบปกติ

71 %

การผสานกันระหว่างที่อยู่อาศัยกับธรรมชาติมาเป็นแนวทางในการออกแบบ โดยเปรียบเทียบการสร้างบ้านในปัจจุบันเสมือนการนั่งลงบนเสื่อที่ปูทับบนพื้นหญ้า ทำให้เราไม่สามารถสัมผัสหรือกลมกลืนไปกับธรรมชาติได้ จึงได้เสนอแนวทางการนั่งบนพื้นหญ้าโดยไม่ปูเสื่อ ซึ่งก็คือ การวางอาคารแทรกไปกับพื้นที่ธรรมชาตินั่นเอง

ภาพที่ 4-8 ทัศนียภาพของแบบบ้านชนะเลิศระดับนิสิตนักศึกษา ชื่อแบบ **"Under Tree"**

ภาพที่ 4-9 ผังพื้นและผังบริเวณอาคารชั้น 1 แบบ “Under Tree”
(ลิขสิทธิ์ของ อบก. ห้ามนำไปใช้เพื่อประโยชน์ทางการค้า)

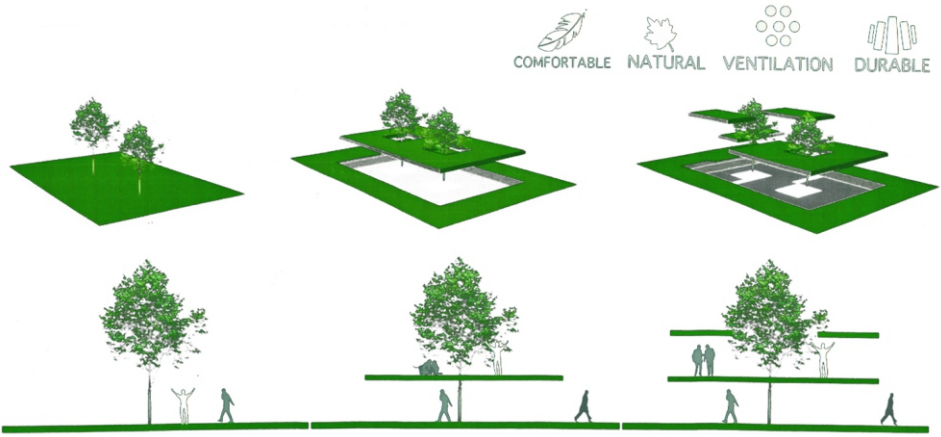


ภาพที่ 4-10 ผังพื้นอาคารชั้น 2 แบบ “Under Tree”

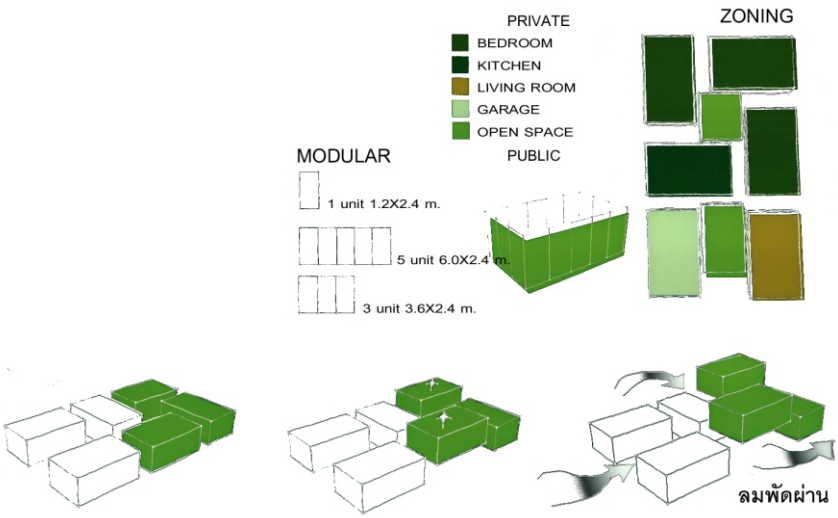
(ลิขสิทธิ์ของ อบก. ห้ามนำไปใช้เพื่อประโยชน์ทางการค้า)

ผู้ออกแบบได้นำการผสานกันระหว่างที่อยู่อาศัยกับธรรมชาติมาเป็นแนวความคิดในการออกแบบ โดยการวางอาคารแทรกไปกับพื้นที่ธรรมชาติ (ภาพที่ 4-11)

ในส่วนการวางผังได้ออกแบบพื้นที่ใช้สอยให้มีลักษณะแบบ Modular คือ เป็นกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดเท่าๆกัน เพื่อให้มีความสอดคล้องกับเทคโนโลยีวัสดุก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรมและลดการเหลือเศษของวัสดุ โดยให้ผังของบ้านมีลักษณะเป็นกล่องเรียงตัวเหลื่อมกันทั้งในแนวราบและแนวดิ่งเพื่อให้ลมสามารถลอดผ่านพื้นที่ทุกส่วนของบ้านได้



ภาพที่ 4-11 แนวความคิดในการวางอาคารแทรกไปกับพื้นที่ธรรมชาติ บ้าน “Under Tree”

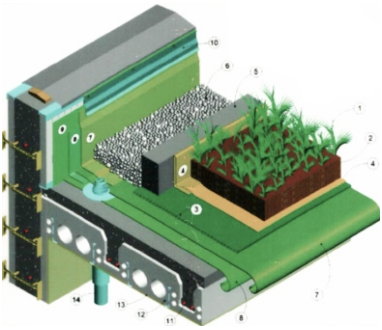


ภาพที่ 4-12 แสดงแนวความคิดในการออกแบบพื้นที่และการวางผังบ้าน “Under Tree”

ภาพที่ 4-13 ทัศนียภาพของแบบบ้าน “Under Tree”

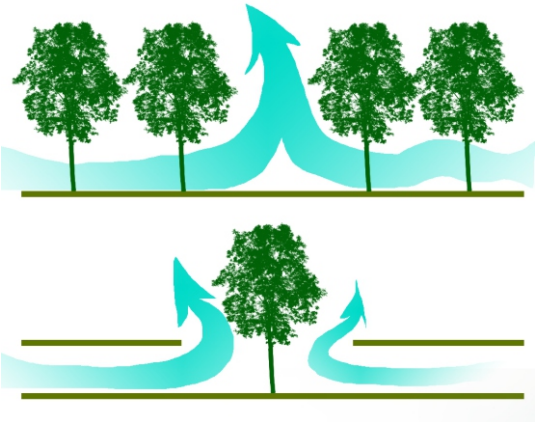
ผู้ออกแบบได้ใช้หลักการการเคลื่อนที่ของอากาศในการออกแบบ โดยนำลักษณะของอากาศร้อนที่มีคุณสมบัติเบาและจะลอยตัวขึ้นที่สูงมาใช้ ทำให้อากาศเย็นจากบริเวณโดยรอบมาแทนที่ มาใช้ในการออกแบบเพื่อให้เกิดกระแสลมพัดผ่านในบริเวณที่ต้องการ และสร้างสภาวะน่าสบายภายในบ้าน

นอกจากนี้ยังมีการใช้หลังคาเขียว (Green Roof) โดยปลูกพืชพรรณบนชั้นดินเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารผ่านทางหลังคา ทั้งยังช่วยสร้างระบบนิเวศน์ย่อย ๆทดแทนพื้นที่ที่สร้างอาคารทับพื้นดิน เพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับเมืองเพื่อช่วยลดปัญหาจากปรากฏการณ์เกาะร้อนของเมือง (Urban Heat Island) และช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสิ่งแวดล้อมอีกทั้งยังสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารได้ด้วย



ภาพที่ 4-14 ลักษณะการปลูกพืชบนหลังคา Green Roof ของแบบบ้าน “Under Tree”

ภาพที่ 4-15 หลังคาเขียวบ้าน “Under Tree” โดยมีคอร์ทกลางบ้าน เพื่อการไหลของลม ตามแนวคิดในภาพที่ 4-16



ภาพที่ 4-16 แนวคิดการไหลของลมบริเวณคอร์ทกลางบ้าน

รูปแบบที่ 3

Vertigo

อาคารตึกแถว 3 ชั้น
3 ห้องนอน 3 ห้องน้ำ
พื้นที่ใช้สอย 270 ตร.ม.

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการก่อสร้าง

515.98 tonCO_2eq

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการอยู่อาศัย 30 ปี

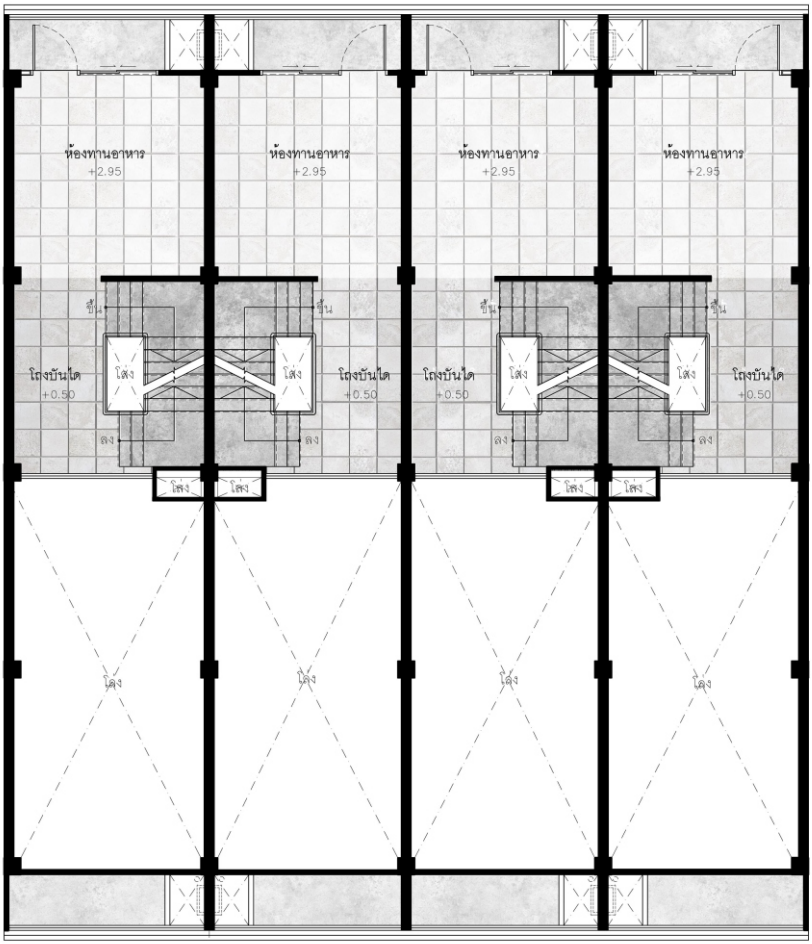
4.73 tonCO_2eq / ปี

ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการอยู่อาศัย ได้มากกว่าบ้าน / อาคาร แบบปกติ

53 %

แนวคิดหลักในการออกแบบ คือ การใช้การระบายอากาศธรรมชาติ เพื่อสร้างความน่าสบายภายในอาคาร โดยมีการออกแบบปล่องกลางบ้านเพื่อสร้างช่องทางในการระบายอากาศ และมีแผงผนังชั้นนอกเพื่อกันแดดให้กับบ้าน แต่ยังมีความโปร่งเพื่อให้ลมผ่านเข้ามาได้

ภาพที่ 4-17 ทัศนียภาพของแบบตึกแถวชนะเลิศระดับนักศึกษา ชื่อแบบ **"Vertigo"**



ภาพที่ 4-18 ผังพื้นอาคารชั้นลอยระหว่างชั้น 1-2 แบบ **"Vertigo"**
(ลิขสิทธิ์ของ อบก. ห้ามนำไปใช้เพื่อประโยชน์ทางการค้า)

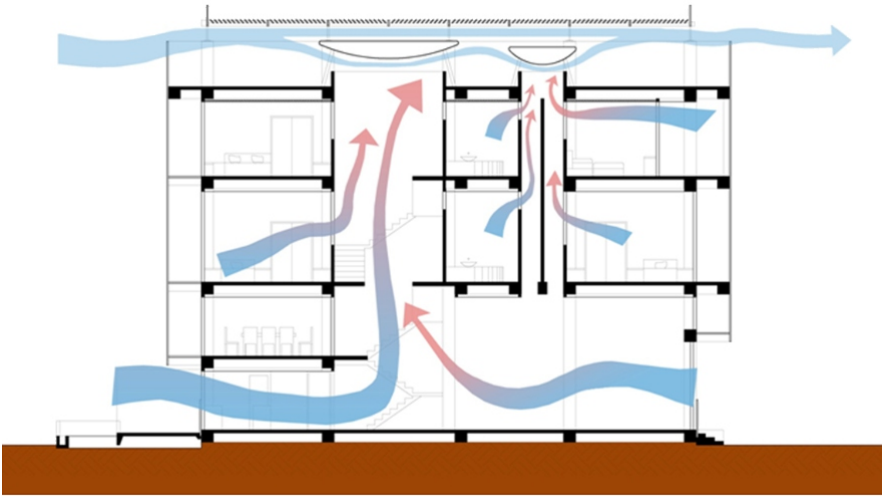
ภาพที่ 4-19 ผังพื้นอาคารชั้น 2-3 แบบ **"Vertigo"**

(ลิขสิทธิ์ของ อบก. ห้ามนำไปใช้เพื่อประโยชน์ทางการค้า)

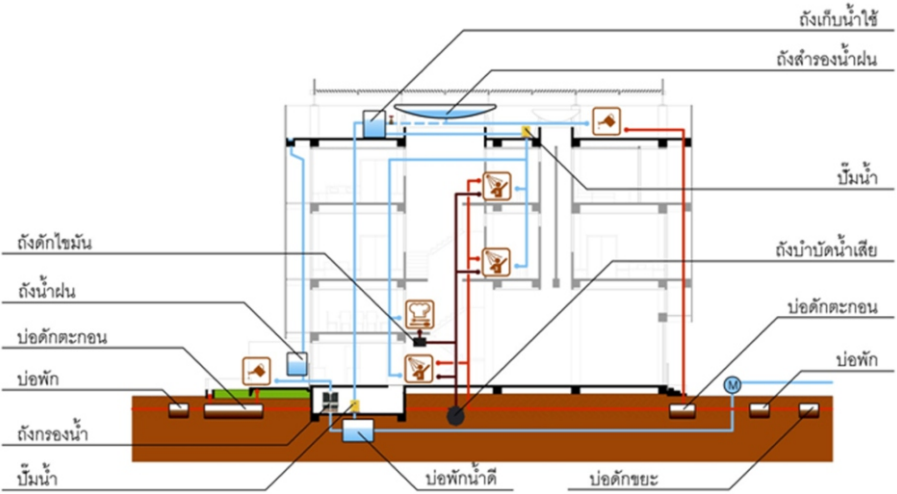
แนวคิดหลักในการออกแบบคือ การใช้การระบายอากาศธรรมชาติเพื่อสร้างความน่าสบายภายในอาคาร ในขณะเดียวกันก็มีการป้องกันความร้อนจากภายนอก โดยมีการออกแบบปล่องกลางบ้านเพื่อสร้างช่องทางในการระบายอากาศ ซึ่งใช้หลักการการเคลื่อนที่ของอากาศ โดยอากาศร้อนจะลอยตัวขึ้นสูง และถูกแทนที่ด้วยอากาศที่เย็นกว่า โดยจะมีการออกแบบปล่องบริเวณกลางบ้านให้อากาศร้อนจากพื้นที่ภายในไหลออกทางด้านบนของปล่อง ซึ่งมีการออกแบบปากปล่องให้มีพื้นผิวโค้งซึ่งเป็นพื้นผิวใต้ถังสำรองน้ำฝนเพื่อเพิ่มความเร็วลม โดยใช้กฎของแบร์นูลลี่ที่ว่า "อากาศที่เคลื่อนที่เร็วจะมีแรงกดดันต่ำกว่า" เมื่อลมพัดผ่านผิวโค้งจะเกิดความกดอากาศต่ำขึ้นใต้ผิวโค้งของถังสำรองน้ำฝน และเร่งความเร็วลมบริเวณปากปล่อง ซึ่งจะดึงให้อากาศภายในบ้านระบายออกมาทางปล่องระบายอากาศดียิ่งขึ้น

นอกจากนี้ปล่องระบายอากาศภายในอาคาร ยังทำหน้าที่เป็นช่องแสงหลังคา (Sky Light) ซึ่งนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคาร และช่วยแก้ปัญหาการออกแบบตึกแถวที่มี

ความลึก ทำให้แสงธรรมชาติไม่สามารถส่องเข้ามายังภายในอาคารได้เพียงพอ ในส่วนถังสำรองน้ำฝนบนหลังคาจะช่วยลดการใช้น้ำประปาโดยการนำน้ำฝนที่ผ่านการกรองมาใช้ โดยน้ำฝนบางส่วนจะถูกแบ่งมารดน้ำต้นไม้บนดาดฟ้าโดยไม่จำเป็นต้องผ่านการกรอง นอกจากนี้ถังสำรองน้ำฝนยังช่วยหน่วงน้ำทำหน้าที่เสมือนแก้มลิง หรือพื้นที่หน่วงน้ำช่วยลดการเกิดน้ำท่วมในกรณีที่เมืองไม่สามารถระบายน้ำได้ทัน

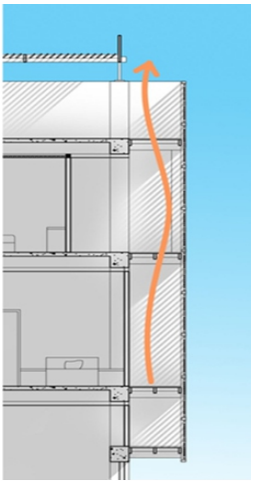


ภาพที่ 4-20 ลักษณะการไหลเวียนอากาศภายในบ้าน “Vertigo” ตามกฎของแบร์นูลลี่



ภาพที่ 4-21 ระบบการจัดการน้ำแบบบ้าน “Vertigo”

ในส่วนผนังอาคาร (Facade) ด้านหน้าและด้านหลังจะติดตั้งห่างจากอาคารประมาณ 1 ม. เพื่อลดปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวอาคาร และออกแบบให้พื้นระเบียงซึ่งเชื่อมระหว่างอาคารกับ Facade เป็นตะแกรงเหล็ก เพื่อให้ความร้อนที่สะสมอยู่ระหว่าง Facade สามารถระบายขึ้นด้านบนได้



ภาพที่ 4-22 การบังแดดโดยใช้ double facade ซึ่งภายในเป็นพื้นที่หนีไฟ ในแบบบ้าน “Vertigo”

5

ข้อมูลทางเทคนิค
เพื่อการออกแบบ
อาคารคาร์บอนต่ำ

ข้อมูลทางเทคนิคเพื่อการออกแบบอาคารคาร์บอนต่ำ

การก่อสร้างและใช้งานอาคารเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติจำนวนมาก ตั้งแต่การขุดค้นหาวัตถุดิบ การแปรรูปวัตถุดิบ การขนส่ง รวมถึงกิจกรรมการก่อสร้าง จนสำเร็จออกมาเป็นอาคารหนึ่งหลัง หลังจากที่อาคารก่อสร้างแล้วเสร็จ การใช้งานอาคารตลอดช่วงชีวิตของอาคารยังต้องใช้พลังงาน (ภาพที่ 5-1) ซึ่งส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล ทั้งนี้อาคารแต่ละหลังที่ได้รับการออกแบบ และก่อสร้างจนมาถึงช่วงการใช้งานต่างๆ จะบริโภคพลังงานในปริมาณที่แตกต่างกันไป การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของอาคารหนึ่งหลังจึงไม่อาจประเมินได้ด้วยการก่อสร้างหรือการใช้สอยอาคารเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง หากแต่จำเป็นต้องคำนึงถึงทั้งสองอย่างตลอดช่วงชีวิตของอาคาร

ภาพที่ 5-1 วัฏจักรของช่วงชีวิตอาคาร

การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นับเป็นแนวทางการแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนที่ทั่วโลกต่างให้ความสำคัญ ซึ่งในประเทศไทยยังขาดการศึกษาค่าการปล่อยก๊าซเรือน-กระจกของภาคการก่อสร้างอาคารอย่างเป็นระบบ ซึ่งนับเป็นเรื่องที่สำคัญ เนื่องจากมีการนำวัสดุหลากหลายชนิดมาใช้ในการก่อ-สร้างอาคาร ซึ่งทำให้เกิดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการผลิตวัสดุปริมาณมาก

การคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ในการผลิตวัสดุก่อสร้าง (Embodied Energy) รวมทั้งการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือน-กระจกที่เกิดขึ้นจากการผลิตวัสดุจนแล้วเสร็จจะพิจารณาตั้งแต่วิธีการได้มาซึ่งวัตถุดิบระหว่างขั้นตอนการผลิต จนถึงเสร็จสิ้นกระบวนการผลิต โดยวัสดุแต่ละชนิดจะมีค่า Embodied Energy ที่ต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 5.1-5.3 ทั้งนี้หากมีการจัดการที่ดีพอโดยการควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือน-กระจกที่กระบวนการผลิต และการเลือกวัสดุที่เหมาะสมที่ใช้พลังงานในการผลิตน้อยก็จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศได้มาก

ตารางที่ 5-1 ตัวอย่าง Embodied energy ในวัสดุก่อสร้างที่ผลิตจากปูน (Berge, 2009)

วัสดุ	อุณหภูมิการผลิต (°C)	Embodied energy (MJ/kg)
หินปูน	900-1,000	4.5-5.0
ยิปซัม	200	1.2-1.4
ซีเมนต์พอร์ตแลนด์	1,400-1,500	3.6-4.0
กระจก, จากวัตถุดิบใหม่	1,400	10
กระจก, จากวัตถุดิบรีไซเคิล 50%	1,200	7

ตารางที่ 5-2 ตัวอย่าง Embodied energy ในวัสดุก่อสร้างที่เป็นโลหะ (Berge, 2009)

วัสดุ	จากวัตถุดิบใหม่ (MJ/kg)	จากวัตถุดิบรีไซเคิล 50% (MJ/kg)	จากวัตถุดิบรีไซเคิล 100% (MJ/kg)
อะลูมิเนียม	165-260	89-95	13-30
เหล็ก	21-25	18	6-10
ทองแดง	80-125	55	-
สังกะสี	47-87	-	-

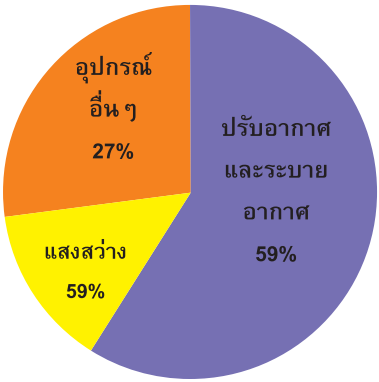
ตารางที่ 5-3 ตัวอย่าง Embodied energy ในวัสดุก่อสร้างที่มาจากดิน (Berge, 2009)

วัสดุ	อุณหภูมิการผลิต (C)	Embodied energy (MJ/kg)
หินและกรวด	-	0.5
ดินอัด	-	0.5
อิฐแก้ว	1,050-1,300	3.5
อิฐมอญ (เผามาก)	800-1,050	3
อิฐมอญ (เผาปานกลาง)	500-800	2.5
อิฐมอญ (เผาน้อย)	350-500	2
อิฐมอญรู	1,000 (โดยประมาณ)	3.5
กระเบื้องเซรามิค	1,000 (โดยประมาณ)	8
ดินมวลเบา	1,000 (โดยประมาณ)	3

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบ้านพักอาศัยของไทย

สัดส่วนของพลังงานที่ใช้ในช่วงชีวิตของอาคารแต่ละประเภทจะมีความแตกต่างกัน อาคารบางประเภทจะมีการใช้พลังงานในช่วงการใช้สอยเป็นสัดส่วนมากกว่าการใช้พลังงานในช่วงอื่นๆ เช่น การผลิตและการก่อสร้างอาคาร ในขณะที่อาคารบางประเภทจะมีสัดส่วนการใช้พลังงานในช่วงอื่นๆ เป็นสัดส่วนที่มากกว่าช่วงการใช้สอย จากการวิจัยค่าดัชนีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวของผู้ใช้อาคารในประเทศไทย โดย อรรจน์ เศรษฐบุตร (2555) พบว่า สำหรับบ้านพักอาศัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการก่อสร้างจะสูงถึง 43% ของการปล่อยตลอดช่วงอายุของบ้าน ในขณะที่อาคารสำนักงานจะมีค่าสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการก่อสร้างเพียง 10% เนื่องจากอาคารประเภทสำนักงานมีการใช้พลังงานในช่วงการใช้สอยเป็นปริมาณมาก ดังนั้นเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดช่วงชีวิตอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องมีความเข้าใจในประเด็นดังต่อไปนี้

ภาพที่ 5-2 สัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน (Kofoworola and Gheewala, 2009)



ภาพที่ 5-3 สัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารพักอาศัย 2 ชั้น (อรรจน์ และธนิต, 2550)

1. การออกแบบอาคาร

การออกแบบเพื่อช่วยลดการใช้พลังงานในช่วงการใช้สอยอาคารควรมีการออกแบบอาคารให้เหมาะสมกับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น ซึ่งจากการศึกษาโดย อรรจน์ เศรษฐบุตร (2555) พบว่า ตัวแปรที่มีผลมากต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดช่วงชีวิตของอาคารในประเทศไทยคือการใช้พลังงานเพื่อการปรับอากาศ ดังในภาพที่ 5-2 และ 5-3 ดังนั้น เพื่อให้อาคารประหยัดพลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ การออกแบบต้องคำนึงถึงวิธีลดการใช้พลังงานของอาคาร ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

1. PASSIVE STRATEGIES หลักการออกแบบที่ไม่ต้องการใช้พลังงานเพิ่มจากเครื่องจักรกล เช่น ในระบบปรับอากาศควรมีวิธีการลดการเข้ามาของความร้อนภายนอก เช่น การวางตัวอาคารที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงทิศทางของแดด การใช้สัดส่วนหน้าต่างและผนังที่เหมาะสม มีการกันความร้อนจากภายนอกด้วยแผงบังแดด การมีหลังคาเขียว การลดความร้อนภายในด้วยการลดการใช้

เครื่องจักร หรืออุปกรณ์ที่ก่อให้เกิดความร้อนโดยไม่จำเป็น และการระบายอากาศโดยใช้ลมธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่างควรลดการใช้แสงประดิษฐ์ในช่วงกลางวันโดยออกแบบให้มีแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้อย่างเพียงพอ แต่ก็ควรคำนึงถึงการป้องกันความร้อนส่วนเกินที่อาจเข้ามาด้วย ตัวอย่างการใช้แสงธรรมชาติได้แก่ การใช้แผงกันแดดที่ไม่ให้แสงแดดตรงเข้ามาจึงไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองสายตา

2. ACTIVE STRATEGIES คือ การเลือกใช้ระบบเครื่องกลที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับงานระบบต่างๆ เช่น การเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพ ชนิด และขนาดที่เหมาะสมกับอาคารและการใช้งาน และการเลือกใช้หลอดไฟประหยัดพลังงาน เป็นต้น

2. การก่อสร้างอาคาร

พลังงานที่ใช้ในการผลิตวัสดุก่อสร้าง (Embodied Energy) เป็นส่วนสำคัญของการใช้พลังงานทั้งหมดของอาคาร ดังนั้นจึงควรออกแบบอาคารให้มีการใช้วัสดุซ้ำหรือวัสดุรีไซเคิล (Hammond and Jones, 2009)

เพื่อลดปริมาณการผลิตวัสดุใหม่ เช่น การใช้ขี้เถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้า หรือเตาเผา เป็นส่วนผสมของคอนกรีต การนำโลหะกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งช่วยลด Embodied Energy (Thormark, 2001) นอกจากนี้ควรออกแบบอาคารเพื่อลดการสูญเสียวัสดุโดยไม่จำเป็น เช่น การออกแบบอาคารซึ่งไม่ก่อให้เกิดเศษที่โดนตัดทิ้ง การใช้ระบบโมดูลาร์ ระบบสำเร็จรูป และการออกแบบโดยใช้ ระบบการก่อสร้าง ซึ่งเอื้อต่อการนำวัสดุในอาคารซึ่งถูกรื้อถอน กลับไปใช้ใหม่ (Hammond and Jones, 2009) เช่น การก่อผนังโดยใช้เหล็กยึดแทนการใช้ปูนก่อ ในการศึกษาของ Hayashi et al. (2005)

นอกจากนี้ในระหว่างการก่อสร้าง การเก็บรักษาวัสดุที่ถูกต้องจะช่วยลดการสูญเสียโดยไม่จำเป็น และควรมีการเก็บวัสดุที่เหลือจากการก่อสร้างและขยะกลับมาใช้ใหม่ หรือนำไปรีไซเคิลเป็นวัสดุก่อสร้างใหม่ โดยใช้กระบวนการที่ใช้พลังงานน้อยกว่าการผลิตวัตถุดิบใหม่ เช่น การนำเศษวัสดุ เศษคอนกรีตและอิฐมาบดและใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตวัสดุก่อสร้างหลายชนิด แทนการใช้วัสดุธรรมชาติ ซึ่งจะมีส่วนช่วยในกระบวนการลดพลังงาน

จากการทำเหมืองแร่ และกระบวนการผลิตวัสดุผสมเหล่านั้นใหม่

3. การใช้สอยและบำรุงรักษาอาคาร

ผู้ใช้และผู้ดูแลอาคารควรมีความเข้าใจในการบำรุงรักษาอาคารที่ถูกต้องและมีมาตรฐานการจัดการอาคารควรเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมและมีความทนทาน เพื่อลดการใช้วัสดุทดแทน ซึ่งนำไปสู่การใช้พลังงานจากการผลิตหากมีการต้องเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ อาจเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม หรือมีประสิทธิภาพ สูงมาทดแทนวัสดุเดิมอย่างเหมาะสม เช่น การเลือกเปลี่ยนไปใช้หลอดไฟ T5 หรือ LED แทนหลอด Incandescent เดิม

4. การรื้อถอนทำลายอาคาร

เพื่อลดขยะจากการรื้อถอนอาคารควรใช้วิธีการรื้อถอนที่ทำให้สามารถนำวัสดุจากอาคารรื้อถอนกลับไปใช้ซ้ำหรือรีไซเคิลให้ได้

มากที่สุด เช่น การใช้กระบวนการ dematerialization ซึ่งเป็นการรื้อถอนโดยมีการแยกชิ้นส่วนวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ออกจากอาคารก่อนจะทุบทำลายส่วนของอาคารที่เหลือ (Hammnond and Jones, 2009)

งานวิจัยโดยอรรจน์ เศรษฐบุตร (2554) ได้พัฒนาค่าดัชนีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวของผู้ใช้อาคารในประเทศไทย การวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อสำรวจลักษณะการก่อสร้างอาคารในประเทศ ในแง่ชนิดและปริมาณวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร นำมาสร้างเป็นแบบอาคารอ้างอิง (Reference Building) โดยแบ่งเป็นบ้านพักอาศัย อาคารสำนักงาน และอาคารชุดพักอาศัย เพื่อประเมินการใช้พลังงานจากการใช้สอยอาคารตลอดช่วงอายุ 30 ปี ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE 2.1E แล้วจึงทำการถอดปริมาณวัสดุเพื่อประเมินค่าการใช้พลังงานในการผลิตวัสดุและก่อสร้างอาคาร (Embodied Energy) โดยใช้ฐานข้อมูลนานาชาติจาก Inventory of Carbon and Energy - ICE V.2 จัดทำโดย Sustainable Energy Research Team (SERT) the

Department of Mechanical Engineering University of Bath, UK เนื่องจากฐานข้อมูลดังกล่าวสำหรับประเทศไทยยังไม่มีการจัดทำและเปิดเผยอย่างเป็นทางการขณะที่ทำวิจัยนี้ จากนั้น จึงนำค่าการใช้พลังงานจากทั้งส่วนของวัสดุก่อสร้าง และค่าการจำลองค่าการใช้พลังงานตลอด 30 ปี มาแปลงเป็นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการก่อสร้างและการใช้งานอาคาร โดยงานวิจัยนี้มีสมมติฐานว่าการใช้พลังงานของอาคารส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้าที่มีค่าคงที่ตลอด 30 ปีข้างหน้า โดยคำนวณร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ที่พัฒนาและจัดทำโดยศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ (อบก., 2556) ผลที่ได้ถูกนำมาประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคาร ทั้งจากกระบวนการผลิตวัสดุ กระบวนการก่อสร้าง รวมทั้งการใช้สอย โดยเปรียบเทียบเป็นสัดส่วนกับจำนวนผู้ใช้อาคาร ทั้งนี้ เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลและความไม่แน่นอนของกระบวนการขนส่งวัสดุ จึงไม่ได้

รวมค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของการขนส่งรวมอยู่ในการคำนวณนี้ด้วย

ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนวัสดุก่อสร้าง (Embodied Green House Gas - Embodied GHG) ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น พื้นที่ 264 ตร.ม. แสดงในตารางที่ 5-4 พบว่ามีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 278 tonCO_2eq อาคารพักอาศัยชุด 7 ชั้นมีค่าการปล่อยรวม 3,825 tonCO_2eq และอาคารสำนักงาน 7 ชั้น มีค่าการปล่อยทั้งสิ้น 3,764 tonCO_2eq ในขณะที่มีการปล่อยก๊าซเรือน-กระจกในการใช้งานบ้านพักอาศัย อาคารพัก-อาศัยชุด และอาคารสำนักงานมีค่าเท่ากับ 367 tonCO_2eq, 22,144 tonCO_2eq และ 33,649 tonCO_2eq ตามลำดับ เมื่อนำผลทั้งสองส่วนมารวมกันแล้ว บ้านพักอาศัย อาคารพักอาศัยชุด และอาคารสำนักงานจะมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 645 tonCO_2eq, 25,970 tonCO_2eq และ 37,412 tonCO_2eq ตามลำดับ

ตารางที่ 5-4 การถอดแบบหาปริมาณวัสดุก่อสร้างอาคารและการคำนวณ Embodied Energy และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบ้านพักอาศัย 2 ชั้นมาตรฐาน

วัสดุ	ปริมาณที่ใช้ในอาคาร	หน่วย	น้ำหนัก กก./หน่วย	Embodied Energy[1] MJ/kg	Embodied GHG $kgCO_2$
คอนกรีต	88.53	ลบ.ม.	2,400.00	0.75	26,294.18
เหล็กRB6	2,155.80	เมตร	0.22	17.40	1,361.65
เหล็กDB12	2,477.20	เมตร	2.47	17.40	17,566.74
อิฐมอญ	239.36	ตร.ม.	360.00	3.00	42,653.95
ปูนฉาบ	4.79	ลบ.ม.	2,403.00	0.82	1,556.44
เหล็กโครงหลังคา (2x6)	110.80	เมตร	26.00	21.50	10,219.64
เหล็กโครงหลังคา (2x4)	185.30	เมตร	19.10	22.50	13,139.39
เหล็กโครงหลังคา (1x2)	557.90	เมตร	10.10	23.50	21,848.90
กระเบื้องหลังคาซีแพคโมเนีย	204.38	ตร.ม.	81.75	37.00	102,005.23
ฝ้ายิปซั่มบอร์ด	218.49	ตร.ม.	6.25	1.80	405.57
ฝ้าซีเมนตแผ่นเรียบ	0.18	ลบ.ม.	1,260.00	10.40	390.14
เคร่าฝ้า	329.50	เมตร	5.00	21.50	5,844.51
พื้นไม้	94.39	ตร.ม.	14.00	10.00	2,180.41
พื้นกระเบื้องเซรามิค	124.10	ตร.ม.	1.93	12.00	474.24
วงกบและบานกรอบอลูมิเนียม	474.90	เมตร	0.16	214.00	2,716.53
ลูกฟักกระจกใส	52.08	ตร.ม.	14.60	15.00	1,881.91
วงกบประตูไม้	29.60	ลบ.ม.	510.00	10.00	24,908.40
ประตูไม้	4.08	ตร.ม.	408.00	10.00	2,746.66
ประตูMDF	0.18	ลบ.ม.	900.00	11.00	299.91
Total embodied GHG					**278,494.40**

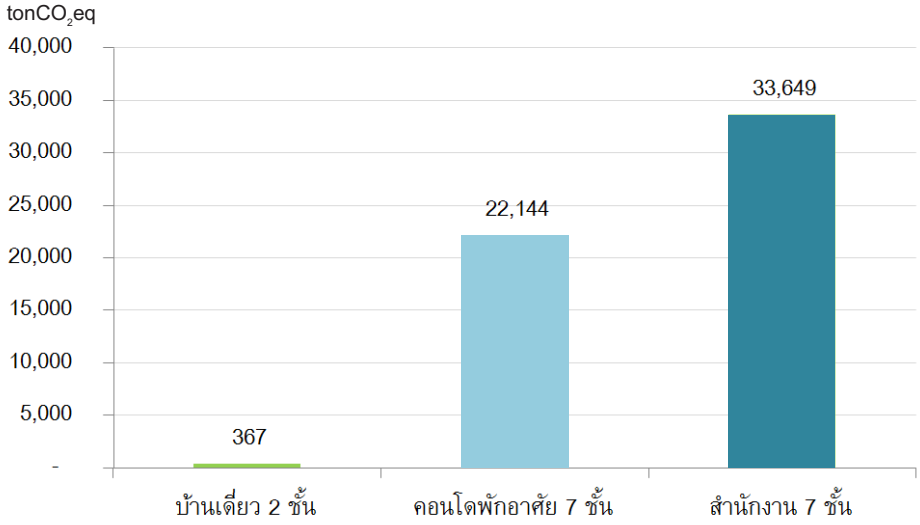
1 - ข้อมูลจาก Inventory of carbon & Energy (ICE)

เมื่อทำการแปลงค่าการใช้พลังงานตลอด 30 ปี เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามแผนภูมิที่ 5-3 พบว่าอาคารสำนักงานมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงมากตามปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นต่อปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ในช่วงระยะเวลาการใช้งานอาคาร 30 ปี อาคารสำนักงาน และอาคารพักอาศัยชุดมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นปริมาณที่มากกว่าบ้านเดี่ยว 2 ชั้นเกือบ 100 เท่า เนื่องมาจากความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารต่อพื้นที่ที่มากกว่า การใช้ลิฟท์ขนส่งทางดิ่ง และกิจกรรมการใช้สอยอาคารสำนักงานที่ทำงานในเวลากลางวัน และเดินเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลากลางวันที่อากาศร้อนและมีแสงแดด ทำให้การใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศมีค่าที่สูงกว่าบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ที่ผู้ใช้อาคารใช้งานในเวลากลางคืนเป็นส่วนใหญ่

สาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุก่อสร้างต่อพื้นที่ที่ใช้สอยในอาคาร ($tonCO_2eq/m^2$) ของอาคารขนาดเล็ก เช่น บ้านเดี่ยว 2 ชั้น มีค่าสูงเมื่อเทียบกับอาคารขนาดใหญ่ คือ พื้นที่วัสดุผนังอาคารทั้งภาย-

นอกและผนังกั้นห้องภายใน ซึ่งมีปริมาณเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบสัดส่วนกับพื้นที่และปริมาตรของทั้งอาคาร ในขณะที่ปริมาณการใช้พลังงานจะขึ้นอยู่กับจำนวนคนที่อยู่อาศัย กิจกรรมการทำงาน และช่วงเวลาใช้สอยอาคาร โดยอาคารในเขตร้อนจะใช้พลังงานจากการปรับอากาศสูงในเวลากลางวัน ทำให้ค่าของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่าสูงขึ้น

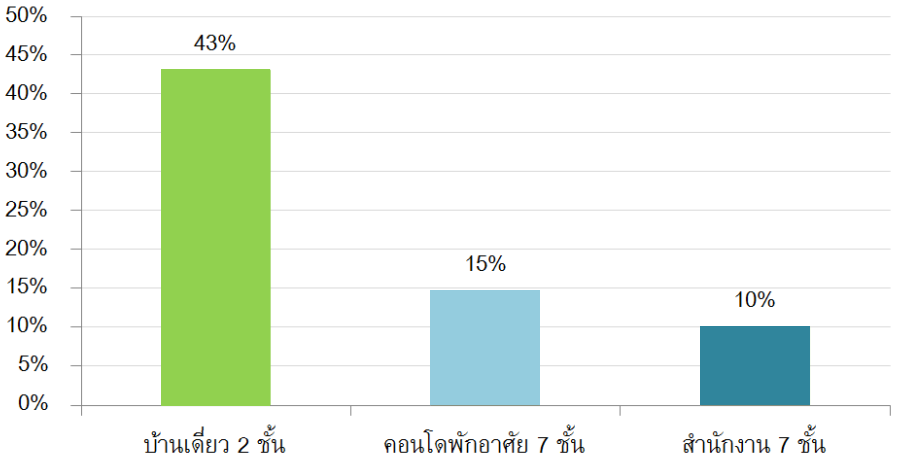
แผนภูมิที่ 5-1 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้งานตลอดระยะเวลา 30 ปี



สำหรับอาคารที่ใช้งานในเวลากลางคืนเป็นหลัก เช่น บ้านพักอาศัย การปล่อยก๊าซเรือน-กระจกจากบ้านพักอาศัยในแต่ละเขตอากาศจะแตกต่างกันอย่างมาก บ้านพักอาศัยในเขตหนาวจะมีการใช้พลังงานสูงในเวลากลางคืนเนื่องจากการทำความอบอุ่นด้วยเครื่องทำความร้อนมีปริมาณสูงในเวลากลางคืนที่มีอากาศหนาวเย็น แต่ในเมืองร้อนอย่างประเทศไทย การใช้พลังงานในบ้านพักอาศัยจะต่ำกว่า ดังนั้น ในแผนภูมิที่ 5-4 พบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการก่อสร้างบ้านเดี่ยว 2 ชั้นในอัตราที่สูงถึง 43% ของการปล่อยตลอดช่วงอายุของบ้าน ในขณะที่ค่านี้มักจะมีสัดส่วนที่ต่ำกว่าในบ้านพักอาศัยในเขตหนาว แต่สำหรับอาคารที่ใช้งานเวลากลางวันจะพบว่าอาคารสำนักงานจะมีค่าสัดส่วนดังกล่าวต่ำกว่า คือ ประมาณ 10% เนื่องจากพลังงานจำนวนมากจะถูกใช้ในช่วงการใช้สอยอาคารมากกว่าช่วงการก่อสร้างอาคาร

หากพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอัตราส่วนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ใช้สอย พบว่าตัวแปรที่มีผลมากต่อการปล่อยก๊าซเรือน-

แผนภูมิที่ 5-2 สัดส่วนค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุก่อสร้าง เทียบกับการใช้งานตลอดระยะเวลา 30 ปี

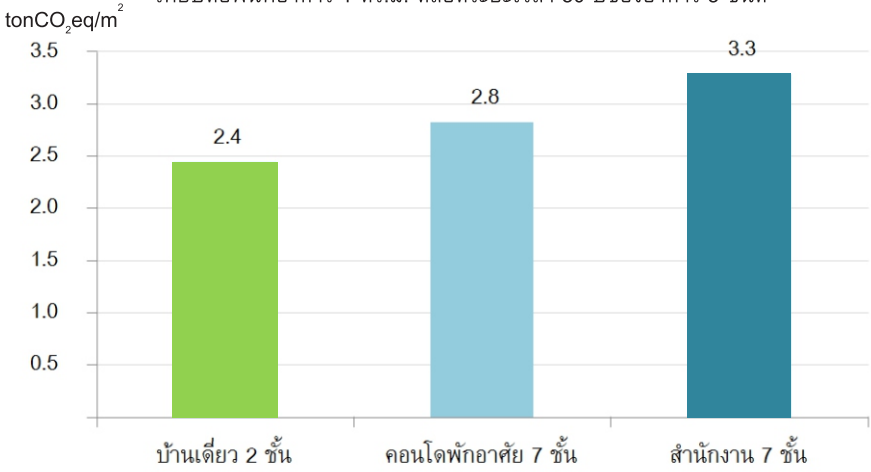


กระจกตลอดช่วงชีวิตอาคาร คือ การใช้พลังงานเพื่อการปรับอากาศ ดังนั้นการออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงานโดยลดการปรับอากาศจึงช่วยการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงอย่างมาก โดยอาคารที่มีการใช้พลังงานมาก ได้แก่ อาคารสำนักงานซึ่งมีการใช้งานเวลากลางวัน และปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการใช้งานสูงถึง 90% การออกแบบสำนักงานประหยัดพลังงานจึงอาจจะต้องทำโดยการใช้วัสดุประหยัดพลังงาน เช่น ฉนวนกันความร้อนที่อาจจะ

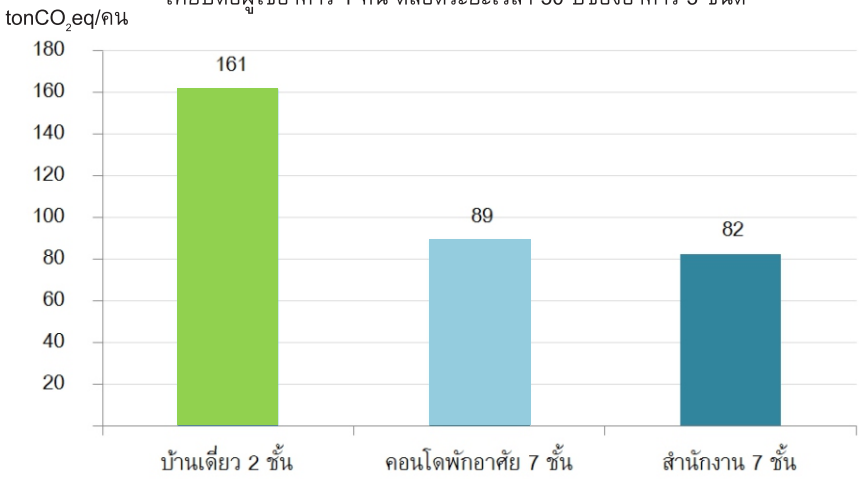
เพิ่มค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการก่อสร้าง แต่จะคุ้มค่ากว่า หากพิจารณาถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระยะยาว ในขณะที่การเพิ่มฉนวนกันความร้อนหรือการพยายามเพิ่มวัสดุประกอบอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัยจะมีประสิทธิภาพน้อยกว่า แต่กลับจะส่งผลให้เพิ่มปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงก่อสร้างสูงขึ้นอย่างชัดเจน

เมื่อทำการรวมค่าการปล่อยก๊าซเรือน-กระจกจากวัสดุก่อสร้างอาคารรวมกับการใช้สอยอาคารตลอดระยะเวลา 30 ปี จึงได้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดช่วงอายุการใช้งานอาคาร (Total Life GHG Emission) และเมื่อนำมาหารด้วยพื้นที่อาคารจึงได้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่อาคารสำหรับการก่อสร้างและใช้สอยอาคารหลังหนึ่งๆ เป็นระยะเวลา 30 ปี แสดงตามแผนภูมิที่ 5-5 แต่เมื่อนำมาหารต่อหัวของผู้ใช้อาคารจะแสดงผลตามแผนภูมิที่ 5-6 ซึ่งพบว่า ถึงแม้อาคารพักอาศัยจะมีอัตราการปล่อยก๊าซเรือน-กระจกโดยรวมต่ำกว่าอาคารสำนักงาน อันเนื่องมาจากการใช้พลังงานในการปรับอากาศที่ต่ำกว่า แต่อาคารพักอาศัยมีการใช้

แผนภูมิที่ 5-3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการก่อสร้างและการใช้พลังงาน เทียบต่อพื้นที่อาคาร 1 ตร.ม. ตลอดระยะเวลา 30 ปีของอาคาร 3 ชนิด



แผนภูมิที่ 5-4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการก่อสร้างและการใช้พลังงาน เทียบต่อผู้ใช้อาคาร 1 คน ตลอดระยะเวลา 30 ปีของอาคาร 3 ชนิด



ทรัพยากรต่อหัวของผู้ใช้อาคารมากกว่าอาคารสำนักงาน เนื่องจากการใช้พื้นที่ต่อคนของอาคารพักอาศัยจะอยู่ที่ 30 - 60 ตร.ม. ต่อคน ในขณะที่สำนักงานมีความหนาแน่นของการใช้สอยอยู่ที่ 25 ตร.ม. ต่อคน และเนื่องด้วยการออกแบบอาคารขนาดเล็กกว่าทำให้มีพื้นที่ผนังกั้นห้องภายในมากกว่า และมีปริมาณวัสดุเปลือกอาคารมากกว่าอาคารสำนักงานที่มีขนาดใหญ่ ยิ่งทำให้อาคารพักอาศัยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวผู้ใช้อาคารที่มากกว่าอาคารสำนักงาน

ผลที่ได้จากการคำนวณค่าการปล่อยดังกล่าวนี้ จะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการพัฒนาการออกแบบก่อสร้างในอนาคตให้มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ทั้งด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุก่อสร้าง ในการเลือกใช้วัสดุอาคารคาร์บอนต่ำและการประหยัดพลังงานจากการใช้สอยอาคารที่จะต้องเน้นทางด้านการประหยัดพลังงาน และการใช้สอยทรัพยากรอย่างพอเพียงสืบต่อไป

อย่างไรก็ดี ระยะการก่อสร้างอาคารไม่ใช่สาเหตุเดียวของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอาคาร แต่ยังมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการใช้สอยอาคารอีกเป็นจำนวนมาก ดังนั้น การออกแบบก่อสร้างบ้านพักอาศัยในปัจจุบันจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงเรื่องการประหยัดพลังงาน ซึ่งอาคารในเขตร้อนชื้นแบบประเทศไทย การใช้พลังงานของอาคารพักอาศัยส่วนใหญ่จะมาจากการใช้ไฟฟ้าเพื่อการปรับอากาศ หากอาคารไม่ได้รับการออกแบบให้ป้องกันความร้อน ไม่มีการระบายอากาศที่ดี ไม่มีการบังแดดที่ดี จนเป็นอาคารที่ไม่น่าสบาย จะทำให้ผู้ใช้อาคารต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่และสิ้นเปลืองพลังงานอย่างมาก ดังนั้น หากผู้ออกแบบ สถาปนิก และวิศวกรคำนึงถึงการสร้างอาคารพักอาศัยให้น่าอยู่-น่าสบายตั้งแต่ต้น อาคารอาจไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศเลย หรือใช้เครื่องปรับอากาศในบางเวลาที่จำเป็นเท่านั้น เพื่อช่วยประหยัดพลังงาน และลดผลกระทบจากปัญหาภาวะโลกร้อน ทั้งนี้ การใช้พลังงานสะอาด (Clean Energy) เช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์หรือพลังงานลม จะช่วยลดการใช้พลังงานฟอสซิลและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อีกเช่นกัน

ภาพที่ 5-4 การนำพลังงานจากกังหันลมและแผงโซลาเซลล์เป็นการใช้พลังงานสะอาด ซึ่งสามารถลดการปล่อยมลพิษและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

แต่เทคโนโลยีเหล่านั้นมักจะมีต้นทุนที่สูงกว่า การออกแบบให้อาคารมีความน่าสบายและประหยัดพลังงานตั้งแต่ต้น ดังนั้นการออกแบบอาคารที่น่าสบายให้สอดคล้องกับสภาพอากาศแต่ละพื้นถิ่นจึงเป็นสิ่งสำคัญในลำดับต้นๆ ของกระบวนการสร้างอาคาร

ปัจจัยความน่าสบายของมนุษย์

มนุษย์เป็นสัตว์เลือดอุ่นที่จะต้องรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ประมาณ 37 องศาเซลเซียสตลอดเวลา ไม่ว่าสภาพแวดล้อมภายนอกจะเป็นอย่างไรก็ตามจุดควบคุมอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์จะอยู่ภายในสมองส่วนที่เรียกว่า ไฮโปธาลามัส (Hypothalamus) โดยจะเชื่อมต่อกับระบบสัมผัสที่ผิวหนัง อวัยวะภายในร่างกาย และตัวรับสัญญาณในสมอง ระบบควบคุมอุณหภูมิร่างกายจะทำงานด้วยวิธีต่างๆ เช่น ควบคุมอัตราเผาผลาญพลังงาน (Metabolism) การขับเหงื่อ การควบคุมการไหลเวียนของเลือด การสั่นของกล้ามเนื้อในเวลาหนาว อย่างไรก็ดี ถึงแม้ว่าอุณหภูมิร่างกายจะค่อนข้างคงที่ อุณหภูมิผิวหนังมักจะพยายามเปลี่ยนไปตามสภาพ-

แวดล้อม ซึ่งความแตกต่างของอุณหภูมิผิวหนังกับอุณหภูมิภายในร่างกายทำให้เกิดความไม่สมดุลและผลที่ตามมาคือสภาวะที่ไม่น่าสบาย (Discomfort) ในสภาพแวดล้อมที่ร้อน ผิวหนังจะมีการขับเหงื่อออกมาเพื่อระบายความร้อนโดยวิธีขับเหงื่อ แต่ในสภาพอากาศที่หนาวเย็น ร่างกายจะเพิ่มการไหลเวียนของเลือดมาที่ผิวหนังแล้วเพิ่มการทำงานที่ผิวหนังโดยการสั่นของกล้ามเนื้อ จะเห็นว่ากลไกควบคุมอุณหภูมิของร่างกายทำงานเพื่อรักษาสมดุลของการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างร่างกายและสภาพแวดล้อมนั่นเอง

คำว่า “สภาวะน่าสบาย” (Thermal comfort) ตามความหมายของ ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers) คือ สภาวะทางจิตใจที่แสดงความพึงพอใจในสภาพแวดล้อมที่ร้อนหนาว (ASHRAE, 2004) หรือตามความหมายของนักวิทยาศาสตร์คือ ช่วงของสภาพอากาศที่มนุษย์พิจารณาเห็นว่าน่าสบายและยอมรับได้ ซึ่งหมายถึงการปราศจากความรู้สึกร้อนและความเปียกชื้นที่ผิวหนัง โดยจะประกอบไปด้วยปัจจัย 6 อย่าง ได้แก่

1. อุณหภูมิอากาศ (Air temperature)
2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)
3. อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยที่พื้นผิว (Mean Radiant Temperature)
4. ความเร็วลม (Air velocity)
5. เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clothing)
6. อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (Metabolic rate)

คนทั่วไปจะพิจารณาปัจจัยความน่าสบายแค่อุณหภูมิอากาศเป็นปัจจัยเดียว เพราะความร้อนหนาวที่ผิวกายเป็นสิ่งที่คนทั่วไปสามารถรับรู้ได้ชัดเจนที่สุดจากปัจจัยทั้ง 6 อย่างข้างต้น ปัจจัย 4 อย่างแรกเป็นปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่สามารถได้รับการสร้างสรรค์หรือกำหนดได้โดยสถาปนิก วิศวกร นักออกแบบ แต่ปัจจัยสองอย่างหลังเป็นปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกันไปและอยู่เกินขอบเขตการควบคุมจากภายนอก

1. อุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์

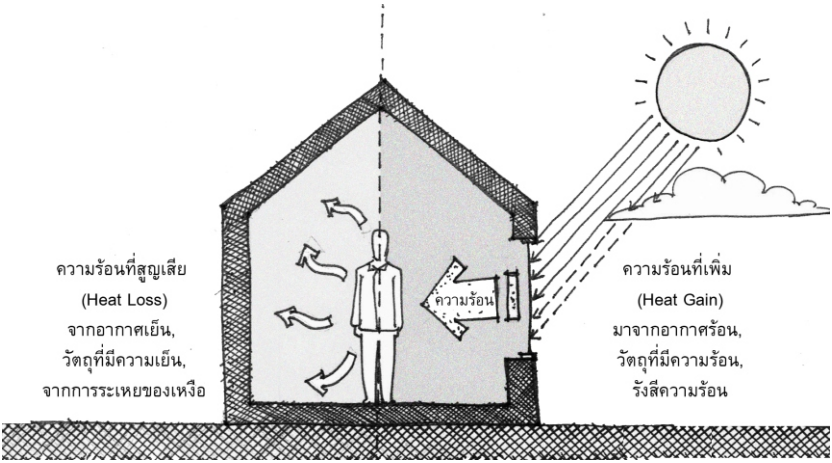
อุณหภูมิอากาศจะเป็นปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อกระบวนการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำ-

ความร้อน (Conduction) และพาความร้อน (Convection) จากผิวหนังมนุษย์สู่อากาศที่แวดล้อมอยู่ ส่วนความชื้นสัมพัทธ์จะเป็นปัจจัยที่มีผลทางด้านการระบายความร้อนด้วยเหงื่อ ทั้งนี้เพราะว่าในสภาพแวดล้อมที่ร้อนและชื้น เหงื่อจะระเหยออกจากผิวหนังได้ลำบาก ซึ่งจะส่งผลทำให้มนุษย์รู้สึกไม่สบายตัวด้วยความรู้สึกเปียกชื้นที่ผิวหนัง แต่ในทางกลับกัน สภาพแวดล้อมมีความชื้นต่ำเกินไปจะทำให้ผิวหนังแห้ง ริมฝีปากแตก เกิดไฟฟ้าสถิตที่ผิวหนัง รวมทั้งทำให้หายใจลำบาก แสบจมูก นอกจากนี้เชื้อโรคต่างๆจะเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วในสภาพแวดล้อมที่ชื้นเกินไปหรือแห้งเกินไปอีกด้วย

2. การแผ่รังสีความร้อนกับสภาพแวด ล้อม

ทางด้านอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยที่พื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature หรือ MRT) จัดว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญไม่น้อยไปกว่าอุณหภูมิของอากาศเพราะ MRT จะมีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวหนังกับสภาพแวดล้อมด้วยการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) ถึงแม้ว่าอุณหภูมิและความชื้น-

สัมพัทธ์ของอากาศจะอยู่ในเขตที่เหมาะสม แต่หากอุณหภูมิผิวผนังมีค่าสูงมาก หรือรับรู้การแผ่รังสีจากสภาพแวดล้อมที่มาก มนุษย์ก็จะมีความรู้สึกไม่สบายผิวกาย จากการวิจัยจำนวนมาก พบว่ามนุษย์จะรู้สึกเย็นลง 1.4 องศาเซลเซียส เมื่อ MRT ของสภาพแวดล้อมลดลง 1 องศาเซลเซียส ตัวอย่างเช่น ภายในอาคารที่ผนังมีหน้าต่างกระจกเป็นพื้นที่มาก ๆ ความร้อนที่ผิวกระจกจะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกร้อนกว่าปกติ และต้องการอุณหภูมิอากาศภายในห้องที่ต่ำกว่าปกติ เพื่อให้ทดแทนกับความร้อนที่ร่างกายได้รับจากการแผ่รังสีความร้อนจากกระจก ซึ่งบางครั้งผู้ใช้อาคารจะต้อง



ภาพที่ 5-5 กลไกการถ่ายเทความร้อนระหว่างมนุษย์และสภาพแวดล้อม

ตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 20-22 องศาเซลเซียสแทนที่จะเป็น 25 องศาเซลเซียส ซึ่งนอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานแล้ว ยังทำให้ผู้ใช้อาคารอื่น ๆ ในห้องเดียวกันที่ไม่ได้ทำงานใกล้กระจกนั้นมีความรู้สึกหนาวเกินไป

3. ลมและการระเหยของเหงื่อ

ในส่วนของความเร็วลม การเพิ่มความเร็วลมจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนจากผิวหนังด้วยการพาความร้อน (Convection) เป็นไปได้สะดวกกว่า ซึ่งส่งผลให้เหงื่อที่เกาะติดผิวกายแห้งเร็วขึ้นและอุณหภูมิผิวหนังลดลงด้วย แต่อย่างไรก็ดี มิใช่ว่าความเร็วลมยิ่งสูงจะยิ่งดีเสมอไป ASHRAE ได้จำกัดความเร็วลมสูงสุดในสำนักงานไว้ที่ 0.8 เมตรต่อวินาที เพื่อมิให้กระดาษหรือเส้นผมปลิวจนทำความรำคาญแก่ผู้ใช้อาคาร หรือทำให้ผู้ใช้อาคารที่นั่งตรงช่องเป่าลมเย็นรู้สึกหนาวจนไม่สบายตัว นอกจากนี้ ASHRAE ยังแนะนำด้วยว่าไม่ควรเพิ่มความเร็วลมถ้าหากอากาศมีอุณหภูมิสูงกว่า 37 องศาเซลเซียส เพราะจะยิ่งเป็นการเพิ่มความรู้สึกร้อนให้แก่ผู้ใช้อาคาร

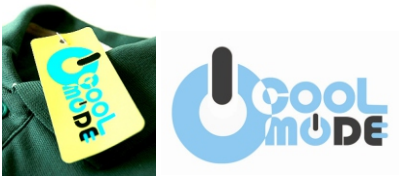
ภาพที่5-6 การถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีต่าง ๆ (Heat Transfer) การพาความร้อน คือ การถ่ายเทจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยมีตัวพาความร้อน เช่น ลม, การนำความร้อน คือ การถ่ายเทจากที่หนึ่งไปที่หนึ่ง โดยมีตัวนำ เช่น ของแข็ง และการแผ่รังสีเกิดจาการแผ่รังสีของตัวต้นกำหนดเช่น ดวงอาทิตย์แผ่รังสี

4. เสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย

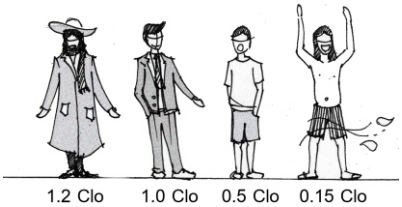
นอกจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่กล่าวมาแล้ว เสื้อผ้าเครื่องแต่งกายยังมีผลต่อความรู้สึกร้อนหนาวของผู้ใช้อาคาร ระดับความหนาบางของเสื้อผ้าเครื่องแต่งกายที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายสามารถกำหนดได้ โดยอาศัยค่า Clo Value ซึ่งค่า Clo = 1 หมายถึงการแต่งกายด้วยเสื้อสูทแบบสากลเป็นต้น ค่า Clo ยิ่งสูงจะหมายถึงการใส่เสื้อผ้าหนาๆ ปกคลุมผิวกายอย่างมิดชิด จุดประสงค์ของการใช้ค่า Clo ก็เพื่อแยกแยะการแต่งกายฤดูหนาวออกจากฤดูร้อน โดยทั่วไป การแต่งกายในฤดูร้อนจะมีค่า Clo ระหว่าง 0.35 ถึง 0.60 สำหรับเสื้อกระโปรง หรือกางเกงผ้าไม่หนา แต่การแต่งกายในฤดูหนาว (ในประเทศเมืองหนาว) จะประกอบด้วย เสื้อกันหนาวชนิดหนา ผ้าพันคอ ถุงเท้าหนา ซึ่งจะทำให้มีค่า Clo อยู่ระหว่าง 0.8 ถึง 1.2 ตัวอย่างดังแสดงในภาพที่ 5-5 การที่ผู้ใช้อาคารแต่งตัวแตกต่างกันไปตามฤดูกาล ทำให้ความต้องการสภาวะน่าสบายเปลี่ยนแปลงไปด้วย อย่างไรก็ตามเนื่องจากประเทศไทยมีอากาศที่ไม่ได้แตกต่างกันมากนักโดยตลอดปี ทำให้การแต่งกายของ

คนไทยในฤดูต่างๆ ไม่ต่างกัน ดังนั้น การแบ่งเขตสภาวะน่าสบายเป็นสองฤดูจึงไม่มีความจำเป็นสำหรับคนไทย ค่า Clo สำหรับการแต่งกายชุดทำงานของคนไทยควรจะอยู่ที่ประมาณ 0.35 ถึง 0.60 หรือการแต่งกายแบบฤดูร้อนของประเทศเมืองหนาวนั่นเอง อย่างไรก็ดี การแต่งกายของคนไทยโดยเฉพาะในภาคธุรกิจมีแนวโน้มว่าจะเริ่มคล้ายคลึงกับของชาติตะวันตกมากขึ้นทุกขณะ รวมทั้งการใช้ชีวิตอยู่ในห้องปรับอากาศเป็นเวลามากขึ้น ดังนั้น การวิจัยเรื่องขอบเขตสภาวะน่าสบายของคนไทยโดยเฉพาะจึงยังมีความสำคัญอยู่มาก ถึงแม้ว่าจะไม่จำเป็นที่จะต้องกำหนดตายตัวออกไปว่าควรจะเป็นเท่าใด

ทั้งนี้เนื้อผ้าที่ใส่แล้วรู้สึกสบายจะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ เช่น เสื้อผ้าที่ผ่านการรับรอง “ฉลากคูลโหมด” (CoolMode) จากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (ภาพที่ 5-5) CoolMode เป็นฉลากที่ให้กับผ้าที่มีคุณสมบัติระบายความร้อนได้ดี เป็นผลให้ผู้บริโภคลดการใช้เครื่องปรับอากาศ และมีการพัฒนากระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากคุณสมบัติพิเศษของเสื้อ-



ภาพที่ 5-7 “ฉลากคูลโหมด” (CoolMode) เป็นฉลากให้กับผ้าที่ทำเป็นผ้าลดโลกร้อน ทั้งเนื้อผ้าที่เป็นวัสดุธรรมชาติหรือประดิษฐ์ สามารถซับเหงื่อและระเหยเหงื่อได้เร็ว อีกทั้งทำความสะอาดได้ง่าย ทั้งการซักและการใช้น้ำ



ภาพที่ 5-8 ตัวอย่างค่า Clo ของการสวมใส่เสื้อผ้าชุดต่างๆ

ผ้าที่ตัดเย็บด้วยผ้าที่ได้การรับรองเครื่องหมาย CoolMode จะช่วยให้ผู้สวมใส่สามารถอยู่ในสถานที่ที่มีอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศมากกว่า 25 องศาเซลเซียส โดยไม่รู้สึกอึดอัดเพราะสามารถดูดซับเหงื่อและระบายความร้อนได้ดี ทั้งนี้การปรับเพิ่มอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้สูงขึ้นจากเดิม 1 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า 25 องศาเซลเซียส จะช่วยให้ประเทศไทยสามารถลดค่าใช้จ่ายในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากภาคพลังงาน และสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงานได้อย่างมาก

5. กิจกรรมในอาคาร

กิจกรรมทางร่างกายของมนุษย์ (Activity) เป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่อการออกแบบอาคารให้น่าสบาย กิจกรรมที่แตกต่างกันของร่างกายมนุษย์จากการนอน นั่ง เดิน วิ่ง ทำงานหนัก หรือเล่นกีฬา จะเป็นตัวการสำคัญที่บ่งบอกอัตราการเผาผลาญพลังงานสะสมในร่างกายมนุษย์ ยิ่งร่างกายเผาผลาญพลังงานมาก ยิ่งจะปลดปล่อยความร้อนออกมาก และความร้อนที่ร่างกายปล่อยออกมาจะอยู่ในรูปของเหงื่อ

เพื่อให้เหงื่อระเหยและนำความร้อนออกจากร่างกายได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเหงื่อจะระเหยออกได้สะดวกหากอากาศที่แวดล้อมอยู่มีความเย็นและมีความชื้นน้อย ดังนั้น อาคารที่มีกิจกรรมทางร่างกายมาก เช่น ห้องออกกำลังกาย และศูนย์กีฬาจะต้องเป็นห้องที่เย็นและแห้ง หรือมีการระบายอากาศที่ดี เพื่อรองรับกับปริมาณความร้อนที่ถูกขับออกจากร่างกายของผู้ใช้อาคาร ในขณะที่ห้องนอนหรือห้องนั่งเล่นจะต้องควบคุมมิให้เย็นหรือแห้งจนเกินไป เพราะกิจกรรมทางร่างกายมีน้อยกว่า ดังนั้นจะเห็นว่าส่วนต่างๆ ของอาคารจะต้องการมาตรฐานการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และการระบายอากาศแตกต่างกันออกไป ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบจะต้องให้ความสำคัญอย่างมากก่อนที่จะอาศัยเครื่องปรับอากาศเพื่อแก้ไขปัญหาสภาวะไม่น่าสบาย

ภาพที่ 5-9 เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 ที่ให้ความเย็นมากแต่ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ

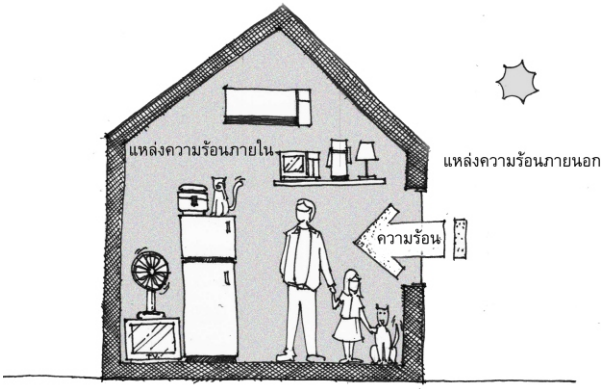
6. บีทียูและเครื่องปรับอากาศ

การใช้เครื่องปรับอากาศเป็นการแก้ปัญหาสภาวะไม่น่าสบาย (Thermal Discomfort) ที่ง่ายและมีประสิทธิภาพมากที่สุด เครื่องปรับ-อากาศ (Air conditioner) เป็นอุปกรณ์เครื่องกล

ชนิดหนึ่งที่มีหน้าที่ทางหลักอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) ในการดึงเอาความร้อนจากภายในห้องออกไปปล่อยทิ้งที่ภายนอกห้อง เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่หรือเรียกว่ามีจำนวนตันมากๆ ก็จะมีกำลังในการดึงความร้อนจากตัวอาคารออกไปทิ้งภายนอกได้มาก และรวดเร็วซึ่งเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ก็จะใช้ พลังงานมากกว่าเครื่องขนาดเล็ก

ในการออกแบบอาคารปรับอากาศตามหลักทฤษฎีของการปรับอากาศนั้น การกำหนดขนาดของเครื่องปรับอากาศจะต้องมาจากการคำนวณภาระการทำความเย็นทั้งหมดในห้องหรือเรียกว่า “Cooling Load” ซึ่งภาระการทำความเย็นนี้ก็คือภาระที่เครื่องปรับอากาศจะต้องทำหน้าที่ขับความร้อนออกจากห้องๆ หนึ่งภายในเวลา 1 ชั่วโมง โดยทั่วไปเราจะเรียกภาระการทำความเย็นนี้ในหน่วยของบีทียูต่อชั่วโมง (Btu/hr) และกำหนดให้ 12,000 บีทียูต่อชั่วโมงเท่ากับหน่วย 1 ตัน ดังนั้น เครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตันจะมีความสามารถในการขับเอาความร้อนออกจากห้องได้เป็นปริมาณ 12,000 บีทียูในทุก ๆ หนึ่งชั่วโมง

ปริมาณความร้อน 1 บีทียูจะเทียบเท่าปริมาณความร้อนที่ไม้ขีดไฟหนึ่งก้านปล่อยออกมา ในขณะที่ร่างกายคน 1 คนนั่งอยู่กับที่จะปล่อยความร้อนออกสู่ภายนอกตามปกติที่ประมาณ 250 บีทียูต่อชั่วโมง ดังนั้น คน 48 คนที่นั่งอยู่กับที่จะรวมกันปล่อยความร้อนออกมาเป็นปริมาณที่เท่ากับ 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง หรือเทียบเท่าความร้อนที่เครื่องปรับอากาศขนาดหนึ่งตันต้องทำงานเพื่อขับเอาความร้อนที่เพิ่มขึ้นนี้ให้ออกไปจากห้อง แต่อย่างไรก็ดีความร้อนที่เกิดขึ้นในห้องนี้จะไม่ได้มาจากคนทั้ง 48 คนนี้เท่านั้น เพราะในห้องนั้นยังอาจจะมีหลอดไฟ เครื่องคอมพิวเตอร์ โทรทัศน์ ตู้เย็น เตาไมโครเวฟ ฯลฯ ซึ่งเป็นแหล่งความร้อนภายในอาคาร (Internal Heat Source) และยังมีความร้อนที่ส่งผ่านผนังอาคารและกระจกหน้าต่าง ซึ่งเป็นแหล่งความร้อนภายนอก (External Heat Source) ดังแสดงในภาพที่ 5-10 รวมกันเป็นปริมาณความร้อน รวมที่เครื่องปรับอากาศต้องทำงานเพื่อขับออกไป ดังนี้จะเห็นว่าห้องแต่ละห้องจะมีภาระการทำความเย็นไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในและภายนอกที่แตกต่างกัน ห้อง 2 ห้องที่ขนาดเท่ากันแต่ก่อสร้างด้วยวัสดุที่แตกต่างกัน หรือมีกิจกรรมภายใน



ภาพที่ 5-10 แหล่งความร้อนภายนอกจากรังสีดวงอาทิตย์และอากาศร้อน และแหล่งความร้อนภายในบ้านจาก ผู้ใช้อาคาร เครื่องใช้ไฟฟ้า และไฟฟ้าแสงสว่าง

ที่แตกต่างกันก็จะใช้พลังงานในการทำความเย็นไม่เท่ากัน

ดังนั้นจะพบว่า หากสามารถป้องกันความร้อนจากทั้งปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในให้แก่ตัวบ้านได้ ก็จะสามารถเปิดเครื่องปรับอากาศเพียงเล็กน้อย แต่ยังคงทำให้ห้องมีความน่าสบายได้ ตัวอย่างเช่น ถ้าหากมีห้องๆ หนึ่งที่ต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดสองตัน แต่ถ้ามีการปลูกต้นไม้เพื่อช่วยบังแดดที่หน้าต่าง รวมทั้งติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ฝ้าเพดานห้อง ห้องนั้นอาจจะต้องการเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดลดลงเหลือเพียงหนึ่งตันก็เพียงพอที่จะทำให้ห้องดังกล่าวมีความน่าสบายได้ นอกจากนี้ จะเห็นได้ว่าขนาดของเครื่องปรับอากาศยังขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิอากาศพื้นถิ่นในแต่ละเขตด้วย

ภูมิอากาศของประเทศไทย

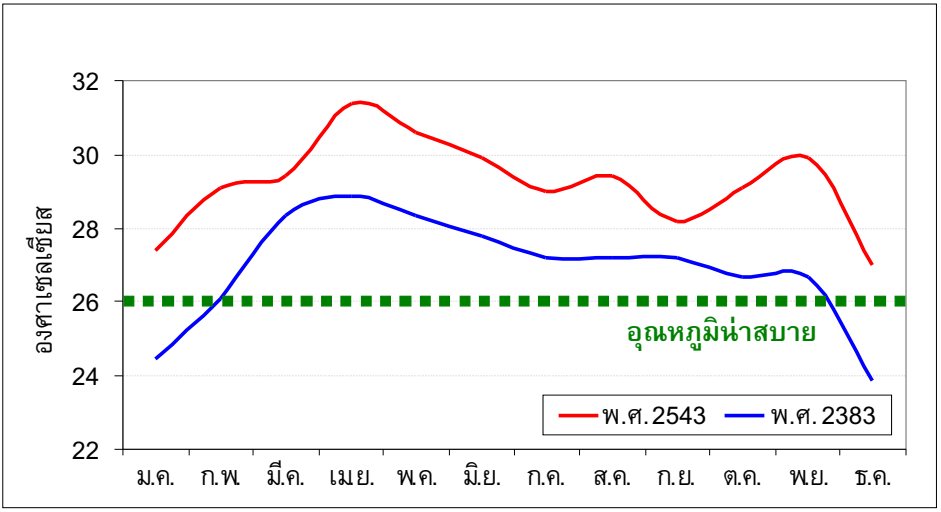
ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตใกล้เส้นศูนย์สูตร ที่มีสภาพอากาศแบบร้อนชื้นตลอดทั้งปี โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วย 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ฤดูร้อนเริ่มจากเดือนมีนาคมจนถึงมิถุนายน และจากมิถุนายนถึงตุลาคมเป็นช่วงฤดูฝน โดยทั้งนี้ช่วงเดือนเมษายนจะเป็นเวลาที่อากาศร้อนมากที่สุดเพราะดวงอาทิตย์จะทำมุมตั้งฉากกับพื้นโลกบริเวณประเทศไทยในช่วงเวลาดังกล่าว จากข้อมูลอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยของประเทศไทยจะมีค่าประมาณ 28 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดอยู่ระหว่าง 31-35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ระหว่าง 20-25 องศาเซลเซียส ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนมีค่าประมาณ 7-11 องศาเซลเซียส (ข้อมูล ณ ปี พ.ศ. 2555)

ทางด้านความชื้นของอากาศ โดยทั่วไปปริมาณความชื้นในอากาศจะมีอยู่ระดับสูง โดยมีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 74% ในขณะที่

ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดจะอยู่ที่ 90-94% และค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 53-70% ในส่วนของปริมาณการแผ่รังสีอาทิตย์พบว่าจะมีปริมาณที่สูงมากในเดือนเมษายนที่ประมาณ 2,000 บีทียูต่อตารางฟุต (Btu/ft^2) ต่อวัน ซึ่งนั่นทำให้เดือน เมษายนเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนที่สุดของปี แต่ในส่วนของปริมาณน้ำฝนจากการที่ประเทศไทย ตั้งอยู่ในเขตมรสุม จึงทำให้ได้รับอิทธพลของ พายุฝนโดยตลอดปี ซึ่งค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนจะสูงเพิ่มขึ้นถึง 1,500–1,600 มิลลิเมตร หรือ หมายความว่ามีน้ำฝนตกลงมาเป็นปริมาตรที่มีความสูงถึง 1.5 เมตรทั่วทั้งประเทศ โดยเฉพาะ อย่างยิ่งช่วงเดือนสิงหาคมและกันยายนมัก จะมีปริมาณน้ำฝนสูงถึง 400 มิลลิเมตรต่อ เดือน

จากแผนภูมิ 5-3 จะเห็นว่าอุณหภูมิอากาศของกรุงเทพ ฯ มีแนวโน้มสูงขึ้นกว่าอากาศของกรุงเทพที่เก็บสำรวจตั้งแต่ปี พ.ศ. 2383 (ค.ศ. 1840) ประมาณ 3-4 องศาเซลเซียส การพัฒนาเมืองในช่วงร้อยปีที่ผ่านมาได้ทำให้อากาศในเมืองร้อนขึ้นเรื่อย ๆ ด้วยปรากฏ-การณ์ที่นักวิทยาศาสตร์เรียกว่า “ปรากฏการณ์เกาะเมืองร้อน” หรือ Urban Heat Island

แผนภูมิที่ 5-3 แสดงอุณหภูมิอากาศของกรุงเทพปี พ.ศ.2383 เทียบกับปี พ.ศ.2543



ที่เกิดจากการที่พื้นที่สีเขียวและต้นไม้ถูกทำลาย และแทนที่ด้วยพื้นที่คอนกรีต ถนน อาคาร สิ่งปลูกสร้าง ทำให้รังสีอาทิตย์สะสมในพื้นที่เขตเมืองมากขึ้น และเกิดอากาศร้อนอบอ้าวจนถึงเวลากลางคืน ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของเมืองสูงขึ้นกว่าแต่เดิม ซึ่งส่งผลต่อสภาวะน่าสบายของผู้อยู่อาศัยในเขตเมืองที่ต้องพึ่งพาเครื่องปรับอากาศมากยิ่งขึ้น

เมื่อพิจารณาปัจจัยสภาวะน่าสบายของมนุษย์ร่วมกับสภาพอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย จะพบว่านอกจากอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่สูงโดยตลอดทั้งวันที่นำมาสู่ความไม่น่าสบายแล้ว ความชื้นในอากาศที่สูงยังทำให้รู้สึกอึดอัดเพราะเหงื่อและความเปียกชื้นบนผิวหนังไม่สามารถระบายออกไปได้โดยง่าย ซึ่งวิธีการแก้ไขโดยการออกแบบอาคารในเขตร้อนชื้นก็คือจะต้องบังแดดให้ได้อย่างเต็มที่เพื่อลดความร้อน และต้องเพิ่มความเร็วลมผ่านผิวกายให้ได้มากที่สุด เพื่อช่วยลดความรู้สึกอึดอัด อันเนื่องมาจากความเปียกชื้นที่ผิวหนัง และเพื่อให้เหงื่อสามารถระเหยออกไปได้โดยเร็วด้วยลมที่แรง นั่นคือเหตุผลที่อาคารพื้นถิ่นในเขตร้อนชื้น เช่น บ้านเรือนไทย

ในอดีตได้พยายามสร้างชายคายื่นยาว เพื่อช่วยบังแดด ในขณะที่มีการออกแบบวางผังให้โปร่งรับลมธรรมชาติได้อย่างเต็มที่ ดังนั้นการออกแบบบ้านให้น่าอยู่น่าสบายในประเทศไทย เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงต้องคำนึงถึงสภาพอากาศ แดด ลม ฝนอย่างเต็มที่ก่อนที่จะพยายามใช้ระบบปรับอากาศเครื่อง-กลที่ใช้พลังงาน

การออกแบบบ้านที่สอดคล้องกับอากาศเขตร้อนชื้น

จากการวิเคราะห์สภาพอากาศแบบร้อนชื้นแบบประเทศไทย และการทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยสภาวะน่าสบายของมนุษย์ ทำให้ทราบว่าการสร้างความร่มเย็นน่าสบายให้แก่บ้านเป็นสิ่งที่สถาปนิกผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงเป็นสิ่งแรก โดยการวิเคราะห์สภาพอากาศ การวิเคราะห์ทิศทางแดด ทิศทางลมธรรมชาติ เพื่อนำมาสู่การวางผังกำหนดตำแหน่งพื้นที่ใช้สอย การออกแบบรูปร่างรูปทรงอาคาร การออกแบบเปลือกอาคารจนไปถึงการเลือกวัสดุอาคารที่เหมาะสมซึ่งประเด็นทางด้านสภาพอากาศที่จำเป็นต้อง

ภาพที่ 5-11 บ้านเรือนไทยในเขตร้อนชื้นมีการคำนึงถึงการออกแบบตามสภาพแวดล้อม ทั้งชายคาที่กว้างเพื่อกันแดด จั่วทรงสูงเพื่อให้น้ำฝนไหลเร็วไม่รั่วเข้าตัวบ้าน การใช้ใต้ถุนสูงเพื่อการระบายอากาศและป้องกันความเสียหายจากน้ำท่วม

พิจารณาจะได้แก่เรื่อง แดด ลม และฝน ซึ่งเป็นปัจจัยความร้อนจากภายนอกบ้าน

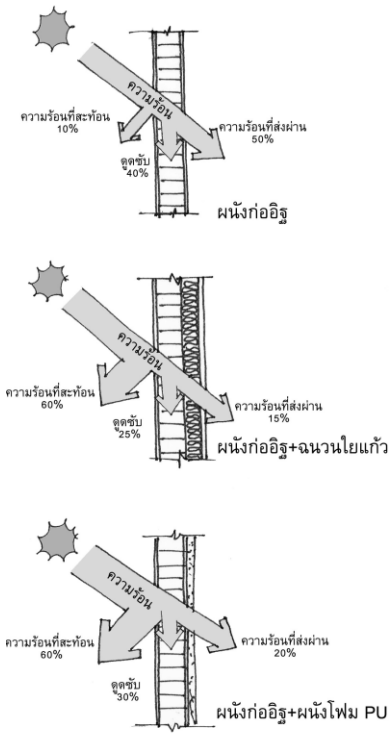
ปัจจัยภายนอกที่ก่อให้เกิดความร้อนในอาคาร ได้แก่ ความร้อนจากอากาศร้อนภายนอก และความร้อนที่เกิดจากการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ หรือแสงแดดที่ทะลุทะลวงผ่านหน้าต่างกระจก และกลายมาเป็นความร้อน ซึ่งความร้อนจากปัจจัยเหล่านี้จะเกิดขึ้นโดยผ่านกระบวนการถ่ายเทความร้อนหลัก ๆ 4 ชนิดคือ

- การนำความร้อน (Conduction)
- การพาความร้อน (Convection)
- การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)
- การระเหย (Evaporation)

ก. ฉนวนกันความร้อนและการนำความร้อน (Conduction)

การนำความร้อนจะเกิดขึ้นเมื่อวัสดุผนังหรือหลังคามีค่าการป้องกันความร้อนต่ำ ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยการเพิ่มค่าความเป็นฉนวนให้แก่ผนังหรือหลังคา ผนังที่ไม่มีฉนวน

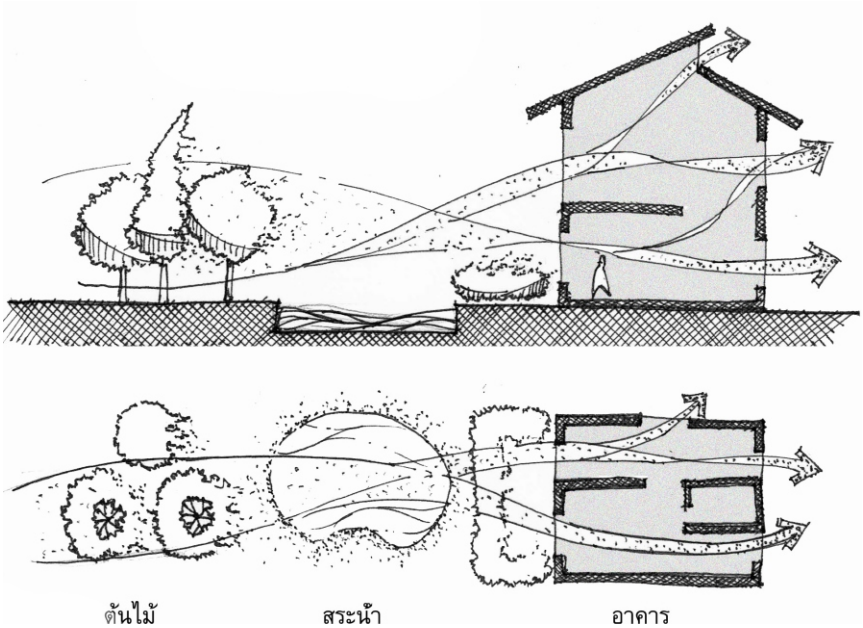
เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูนธรรมดาจะไม่สามารถกันความร้อนได้ดีเท่ากับผนังที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนประเภทใยแก้ว (Fiber glass) หรือโฟมโพลียูรีเทน (Polyurethane-P.U.) (ภาพที่ 5-12) แต่ต้องทำความเข้าใจเสียก่อนว่าการติดตั้งฉนวนกันความร้อนมิใช่วิธีที่ดีที่สุดในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร เพียงแต่การใส่ฉนวนกันความร้อนนี้เป็นวิธีที่ง่ายและมีประสิทธิภาพสูงจึงเป็นวิธีที่นิยม แต่ในกลุ่มสถาปนิกทั่วไปอาจจะเห็นว่าเป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุและมีลงทุนสูง เพราะถ้าหากบ้านได้รับการออกแบบที่ถูกวิธีจากสถาปนิกที่มีความรู้ความสามารถตั้งแต่ต้น สถาปนิกก็จะออกแบบให้สอดคล้องกับทิศทางแดด ลม มีการจัดวางผังบริเวณที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดค่าก่อสร้างในส่วนของฉนวนได้ในระดับหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าต้องการให้บ้านประหยัดพลังงานมากยิ่งขึ้นไปอีก การจัดวางบ้านให้สอดคล้องกับทิศทางแดดลมอย่างเดียวอาจจะไม่เพียงพอที่จะทำให้บ้านเย็นลงอย่างน่าพอใจที่สุดได้ ซึ่งเจ้าของบ้านต้องตัดสินใจลงทุนเพิ่มฉนวนกันความร้อน และต้องพิจารณาในระยะยาวว่าจะคุ้มค่ากับค่าไฟที่ประหยัดได้สักเพียงใด



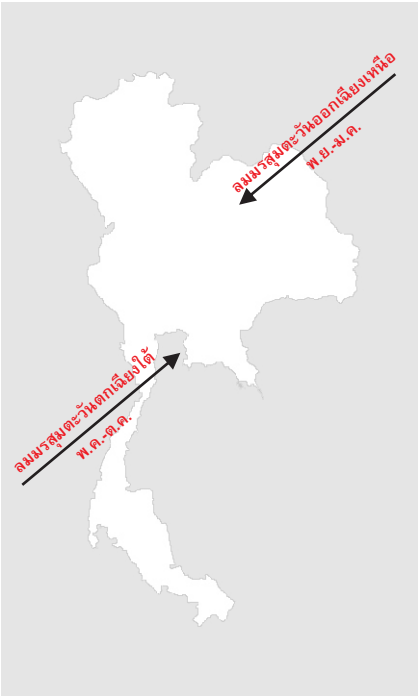
ภาพที่ 5-12 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารของผนังชนิดต่างๆ

ข. ลมและการพาความร้อน (Convection)

ต่อจากการนำความร้อนก็คือ การพาความร้อน (Convection) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อเปิดหน้าต่างบ้านรับลมร้อนจากข้างนอกเข้าสู่ภายในห้องที่เย็นกว่า ลมที่พัดเข้ามาจะเป็นตัวกลางที่พัดพาเอาความร้อนเข้ามาในตัวบ้าน ลมภายนอกที่ผู้อยู่อาศัยคิดว่าจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าภายในบ้านอาจจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายในตัวบ้านเองก็เป็นได้ หลักพิจารณาคือถ้าลมข้างนอกร้อนกว่าข้างในก็ไม่ควรจะเปิดหน้าต่างรับลม แต่อย่างไรก็ดี ถึงแม้ว่าลมจากภายนอกอาจจะร้อนกว่าอากาศภายใน แต่หากเป็นลมที่พัดด้วยความเร็วพอประมาณจะช่วยทำให้รู้สึกสบายกว่าการอยู่ในห้องที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าแต่อากาศนิ่งเกินไป ทั้งนี้เพราะปัจจัยความสบายของมนุษย์นั้นมิได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศแต่เพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับอีกหลายปัจจัย เช่น ความชื้น และความเร็วลมที่พัดผ่านผิวหนังอีกด้วย



ภาพที่ 5-13 การออกแบบผังบริเวณเพื่อปรับสภาพภูมิอากาศโดยรอบบ้าน และให้ลมพัดผ่านแหล่งความเย็น เช่น บ่อน้ำ หรือร่มเงาไม้ ก่อนเข้าสู่บ้าน



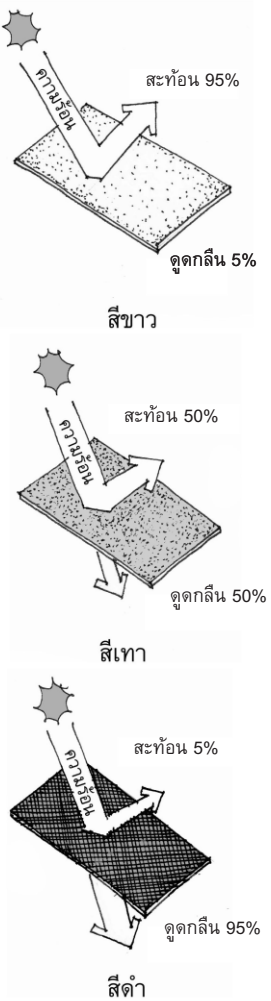
ภาพที่ 5-14 แสดงทิศทางลมประจำของประเทศไทยประกอบด้วย ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน (ตั้งแต่เดือน พ.ค.-ต.ค.) และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงฤดูหนาว (ตั้งแต่เดือน พ.ย.-ม.ค.)

สิ่งที่ต้องพิจารณาเพื่อการออกแบบลำดับต่อไปก็คือ อะไรคือต้นเหตุที่ทำให้ลมจากภายนอกร้อนกว่าอากาศปกติ และจะทำการแก้ไขอย่างไรเพื่อให้ลมเย็นลง การที่ลมภายนอกบ้านร้อนขึ้นกว่าปกติก็เพราะการพัดผ่านสิ่งของหรือสถานที่ที่มีความร้อนก่อนที่จะพัดพามาถึงช่องเปิดหน้าต่างบ้าน ลมที่พัดผ่านถนนคอนกรีตกลางแดดจะร้อนกว่าลมที่พัดผ่านสนามหญ้าใต้ร่มไม้ใหญ่ เพราะฉะนั้นหากต้องการป้องกันความร้อนที่พัดพามากับลมก็ต้องควบคุมโดยไม่เปิดหน้าต่างรับลมร้อนที่พัดผ่านถนนคอนกรีตเข้าสู่ตัวบ้าน หรือต้องพยายามสร้างสนามหญ้าใต้ต้นไม้ใหญ่ในทิศทางที่ลมพัดเข้ามา (ภาพที่ 5-13) ซึ่งสำหรับพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทย ลมร้อนมักจะพัดมาจากทิศใต้ และลมหนาวจะพัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ค. แสงแดดและการแผ่รังสีอาทิตย์ (Solar radiation)

นอกเหนือไปจากการนำและการพาความร้อนก็คือ กระบวนการถ่ายเทความร้อนที่สำคัญที่สุดสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้นก็คือ

การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) ซึ่งสามารถแยกอธิบายออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การแผ่รังสีอาทิตย์ลงบนผิวผนังและหลังคาบ้าน และการแผ่รังสีอาทิตย์ทะลุผ่านกระจกหน้าต่างชนิดแรกจะเกิดขึ้นเมื่อแสงแดดตกกระทบลงบนผิวผนังและหลังคาทึบแสง พลังงานความร้อนจากแสงแดดนี้จะถูกดูดกลืนและสะสมบนผิวอาคาร ทำให้ผิวอาคารมีความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างมาก อาจจะถึง 40-50 องศาเซลเซียสได้ ความร้อนส่วนนี้ก็จะซึมผ่านเนื้อวัสดุเข้าไปในอาคารด้วยกระบวนการการนำความร้อน จนกระทั่งถึงภายในห้องและก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นที่เครื่องปรับอากาศต้องขับออกไป ถ้าหากไม่สามารถหลีกเลี่ยงแสงแดดที่ตกกระทบ ลงบนผนังบ้านได้ ก็จำเป็นจะต้องมิให้ผิวอาคารดูดกลืนความร้อนจากแสงแดดมากจนเกินไป ซึ่งตรงจุดนี้ หากผนังอาคารหรือหลังคามีการใช้วัสดุสีอ่อน ผิวผนังนั้นก็จะดูดกลืนรังสีอาทิตย์เป็นปริมาณที่ลดน้อยลง หรือหากใช้วัสดุโลหะผิวมันวาว รังสีอาทิตย์ก็จะสะท้อนออกไปมากกว่าถูกดูดกลืนที่ผิว หรือแม้แต่การใช้สารพิเศษจำพวกเซรามิคโค๊ตติ้ง (Ceramic Coating) ก็จะสามารถช่วยลดการดูดกลืน



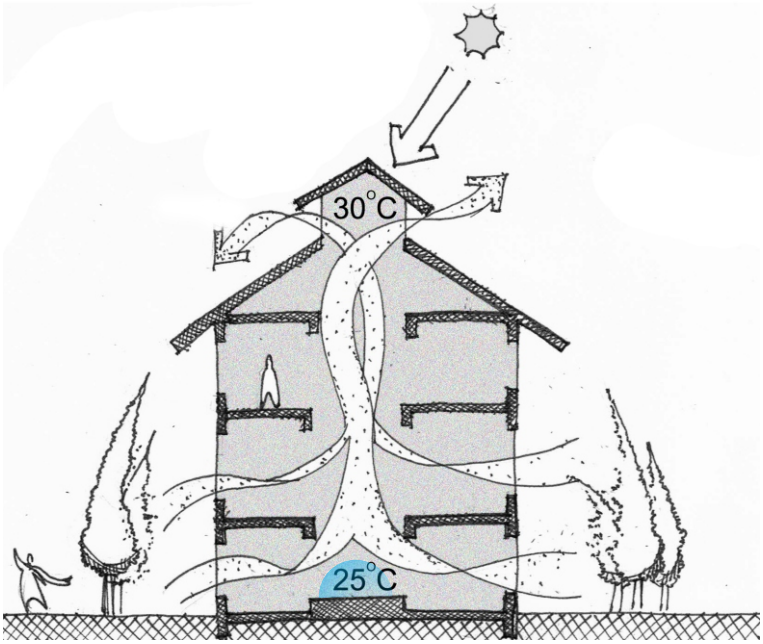
ภาพที่ 5-15 สีของผิววัสดุและคุณสมบัติในการสะท้อนและดูดกลืนรังสีอาทิตย์

รังสีอาทิตย์ลงได้ แต่อย่างไรก็ดี การใช้วัสดุผิวสะท้อนแสงประเภทมันวาวจะก่อให้เกิดปัญหาสภาวะแวดล้อมจากการมองเห็นแสงสะท้อน นอกจากนี้ ความมันวาวจะหมดไปอย่างรวดเร็วหากไม่มีการทำความสะอาดผิวอาคารอยู่อย่างสม่ำเสมอ

ง. น้ำพุและการระเหยของน้ำ (Evaporation)

การทำความเย็น หรือการลดความร้อนในอาคารอีกวิธีหนึ่งคือการใช้การระเหยของน้ำมาช่วยทำความเย็นให้อากาศหรือที่เรียกว่า Evaporative Cooling ซึ่งมีหลักการว่าเมื่อน้ำระเหย น้ำก็จะนำความร้อนในอากาศไปช่วยให้เกิดการระเหย ทำให้อากาศสูญเสียความร้อน อากาศจึงเย็นลงและเกิดสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) โดยไม่ต้องอาศัยพลังงานหรือเครื่องจักรกลที่มีเทคโนโลยีขั้นสูงใดเป็นพิเศษ ซึ่งสภาพอากาศที่เหมาะสมกับวิธีการทำความเย็นเช่นนี้จะเป็นเขตร้อนแห้งมากกว่าเขตร้อนชื้น ซึ่งพบมากในบ้านแบบมุสลิมที่จะมีคอร์ทกลางบ้านและมีบ่อน้ำพุขนาดเล็กอยู่ใจกลางคอร์ท (ภาพที่ 5-14) สำหรับประเทศไทยปัจจุบันก็มีการใช้พัดลม

พ่นไอน้ำในสถานที่ต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นลานนอกอาคารในวันที่แดดจัดอากาศแห้งยามบ่าย เพื่อสร้างความน่าสบายสำหรับการทำกิจกรรมกลางแจ้งซึ่งต้องระมัดระวังมิให้นำพัดลมชนิดนี้ไปใช้ภายในบ้าน เพราะจะสะสมความชื้นจนบ้านกลายเป็นเชื้อรา



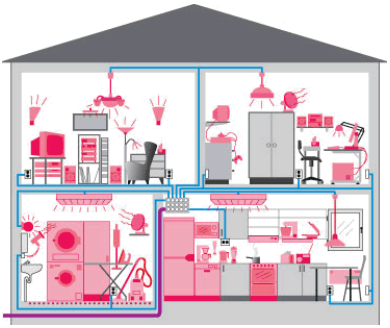
ภาพที่ 5-16 การใช้น้ำพุเพื่อลดอุณหภูมิอากาศด้วยการระเหยของน้ำร่วมกับหลักการการเคลื่อนที่ของอากาศที่อากาศร้อนจะลอยตัวขึ้นสูง ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิและเกิดการเคลื่อนที่ของอากาศภายในบ้าน

นอกจากนี้ สำหรับอากาศร้อนชื้นแบบประเทศไทยโอกาสที่จะใช้การระเหยของน้ำเพื่อทำความเย็นจะเกิดขึ้นได้ยาก เนื่องจากความชื้นที่มีปริมาณสูงอยู่แล้วในอากาศเขตนี้จะทำให้การระเหยของน้ำเกิดขึ้นได้น้อยมาก และเมื่อการระเหยเกิดขึ้นไม่ได้ก็จะไม่เกิดความเย็นอย่างที่คาดเอาไว้ บ้านมุสลิมที่กล่าวมานี้เป็นความพยายามทำความเข้าใจถึงลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนแห้ง และนำภูมิปัญญาที่เป็นวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยออกแบบในลักษณะอิงกับธรรมชาติหรือ Passive Design ซึ่งก่อให้เกิดเป็นนวัตกรรมการออกแบบสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่สำคัญของโลก

จ. หลอดไฟและเครื่องใช้ไฟฟ้า

ที่กล่าวมาข้างต้น เป็นปัจจัยความร้อนจากภายนอกบ้านที่มักจะมีปริมาณสูงมากในเวลากลางวันอันเนื่องมาจากแสงแดด แต่ปัจจัยความร้อนจากภายในบ้านหรือ Internal Heat ก็เป็นอีกองค์ประกอบที่สำคัญ ซึ่งจะเกิดขึ้นในเวลาที่ผู้อยู่อาศัยพักผ่อนอยู่บ้านในเวลาหัวค่ำในฤดูหนาวที่อากาศภายนอกอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส แต่ภายในอาคารกลับร้อน

กว่านั้น และยังคงต้องใช้เครื่องปรับอากาศ ถ้าภายในบ้านร้อนกว่าภายนอกก็แสดงว่าต้องมีแหล่งความร้อนภายในบ้านเกิดขึ้น จะพบว่าในบ้านทุกหลังจะมีอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอยู่ ไม่ว่าจะเป็นหลอดไฟแสงสว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องเสียง โทรทัศน์ หม้อหุงข้าวไฟฟ้า พัดลม เตาไมโครเวฟ หรือแม้แต่ตู้เย็น อุปกรณ์เหล่านี้ล้วนเป็นแหล่งปลดปล่อยความร้อนภายในตัวบ้าน ยิ่งอุปกรณ์เหล่านั้นมีขนาดใหญ่และมีกำลังวัตต์มากเท่าใด ก็จะยิ่งปล่อยความร้อนออกมามากเท่านั้น ถึงแม้ว่าผู้อยู่-อาศัยอาจจะไม่ได้เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าทิ้งไว้ในขณะเปิดเครื่องปรับอากาศ ซึ่งไม่ควรจะก่อให้เกิดความร้อนที่จะเป็นภาระในการทำความเย็นได้ แต่อย่างไรก็ดี ในขณะที่ผู้อยู่อาศัยใช้งานอุปกรณ์เหล่านี้ก่อนหน้านั้น ความร้อนที่ปล่อยออกมาจะถูกสะสมในพื้น ผนังภายใน ผนังภายนอก เฟอร์นิเจอร์ และเมื่อผู้อยู่อาศัยเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ ความร้อนสะสมเหล่านี้ก็จะถูกปล่อยออกมาทำให้เครื่องปรับ-อากาศต้องทำงานหนักมากยิ่งขึ้น และจะทำให้ภาระการทำความเย็น หรือ Cooling Load เพิ่มขึ้นอีก



ภาพที่ 5-17 อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดความร้อนภายในบ้านซึ่งมีผลต่อการใช้พลังงานทั้งจากอุปกรณ์เอง และการนำความร้อนออกไปของเครื่องปรับอากาศ

ฉะนั้น แนวทางแก้ปัญหาความร้อนสะสมก็คือ หากไม่ได้ใช้งานก็ต้องปิดและถอดปลั๊กไฟออกเสียให้หมด หรือมิฉะนั้น หากสามารถเลือกใช้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีกำลังวัตต์น้อยลงได้ก็จะช่วยลดความร้อนภายใน ตัวอย่างก็คือหลอดไฟประหยัดพลังงานประเภทคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent) หรือหลอดผอม หรือปัจจุบันมีเทคโนโลยีหลอด T-5 และหลอด LED (Light Emitted Diode) ซึ่งใช้กำลังวัตต์น้อยแต่ให้ค่าความสว่างมาก ซึ่งนอกจากจะประหยัดพลังงานแสงสว่างแล้ว หลอดไฟ-ประหยัดพลังงานเหล่านี้ ยังปล่อยความร้อนออกมาน้อยกว่าหลอดไฟชนิดอื่นๆ ที่ให้ความสว่างเท่ากัน หากเปรียบเทียบกับหลอดไส้ (Incandescent) หรือหลอดฮาโลเจนซึ่งจะปล่อยความร้อนออกมากกว่า

ฉ. ครัวไทยและตู้เย็น

นอกเหนือจากหลอดไฟและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านแล้ว แหล่งความ-ร้อนภายในบ้านที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง คือ ครัวไทยและตู้เย็น ทั้งนี้เพราะครัวไทยที่อยู่

ภายในตัวบ้านมีการทำอาหารไทยประเภทที่ต้องใช้ไฟแรง บ้านจัดสรรทั่วไปโดยเฉพาะคอนโดมิเนียมและทาวน์เฮ้าส์ ซึ่งมีพื้นที่จำกัด จึงต้องมีการออกแบบให้ครัวอยู่ภายในตัวบ้าน บางบ้านก็จัดให้ครัวเชื่อมต่อโดยตรงกับห้องรับประทานอาหาร หรือห้องนั่งเล่น ผลที่ตามมาก็คือความร้อนจากการทำอาหารจะไหลเข้าสู่ห้องปรับอากาศโดยตรง ก่อให้เกิดภาระการทำความเป็นเย็นจำนวนมากต่อเครื่องปรับอากาศทั้งทางตรงในขณะที่เปิดเครื่องปรับอากาศอยู่ หรือสะสมอยู่ภายใน ผนังห้อง เมื่อผู้อยู่อาศัยเปิดเครื่องปรับอากาศ ความร้อนสะสมก็จะปล่อยออกมา นอกจากนี้ในกรณีของตู้เย็น ด้านหลังของตู้เย็นจะมีขดท่อระบายความร้อนอยู่ ซึ่งทำหน้าที่ระบายความร้อนเช่นเดียวกันกับเครื่องปรับอากาศที่อยู่ภายนอกบ้าน การมีตู้เย็นติดตั้งไว้ในห้องปรับอากาศก็จะทำให้เกิดภาระการทำความเย็นอีกเช่นกัน หากเป็นไปได้ ควรจะแยกโซนพื้นที่ใช้สอยระหว่างห้องปรับอากาศกับห้องครัวที่มีเตาไฟและตู้เย็นขนาดใหญ่ออกจากกัน และกั้นกลางด้วยพื้นที่ที่เป็นโถงทางเดินไม่ปรับอากาศเพื่อลดการถ่ายเทความร้อน

ภาพที่ 5-18 การออกแบบให้มีพื้นที่ครัวอยู่ในพื้นที่ปรับอากาศ ทั้งเตาอบ ตู้เย็น ล้วนแล้วแต่จะส่งผลต่อการใช้พลังงานมากขึ้น เนื่องจากความร้อนของอุปกรณ์เหล่านี้จากการประกอบอาหาร ดังนั้นควรมีการแยกสัดส่วนครัวให้อยู่ห่างพื้นที่ปรับอากาศ

ช. บ้านตู้เย็นหรือบ้านกระติกน้ำร้อน

เมื่อผู้ออกแบบได้เข้าใจกลไกการถ่ายเทความร้อนแล้ว สิ่งที่จำเป็นมากก็คือจะนำทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนเพื่อมาใช้ในการออกแบบบ้านอย่างถูกต้องเหมาะสมให้เป็นบ้านประหยัดพลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างไร ซึ่งในปัจจุบัน เมื่อมีการกล่าวถึงบ้านประหยัดพลังงาน การออก-แบบและเลือกวัสดุมักจะเกี่ยวข้องกับการใช้ฉนวนกันความร้อนในผนังและหลังคาบ้านเพื่อป้องกันความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่ภายในตัวบ้าน ทั้งนี้เพราะเมื่อด้านในอาคารมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ตั้งอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส แต่อากาศด้านนอกมีอุณหภูมิสูงถึง 35 องศาเซลเซียส การติดตั้งฉนวนกันความร้อนก็ย่อมจะช่วยลดความร้อนลงได้ แต่การกล่าวอ้างนี้จะเป็นไปได้จริงก็ต่อเมื่อบ้านมีการปรับอากาศตลอดเวลา 24 ชั่วโมง แบบห้องเย็นหรือมิฉะนั้นก็จะต้องเป็นบ้านที่มีพื้นที่หน้าต่างกระจกที่รับแดดน้อย จึงมีปริมาณความร้อนจากรังสีอาทิตย์ภายนอกผ่านเข้ามาทางหน้าต่างน้อย แต่ทั้งนี้สิ่งที่เกิดขึ้นในบ้านทั่วไปกลับเป็นปรากฏการณ์

"กระติกน้ำร้อน" (Thermal Flask Effect) โดยในเวลากลางวัน เมื่อบ้านไม่มีผู้อยู่อาศัยและไม่ได้เปิดเครื่องปรับอากาศ แต่กลับปล่อยให้มีความร้อนเข้ามาทางหน้าต่างกระจกที่ไม่มีการบังแดดอย่างเหมาะสม ส่งผลให้ความร้อนจากแสงแดดเข้ามาสะสมในพื้นและผนังบ้านโดยตลอดทั้งวัน เกิดเป็นปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ครั้นเมื่อผู้อยู่อาศัยกลับมาบ้านในเวลาค่ำก็จะพบว่าภายในบ้านมีความร้อนและรู้สึกอบอ้าวอย่างมากจนต้องเร่งเปิดเครื่องปรับอากาศ ส่งผลให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักในช่วงเวลาดังกล่าว เพราะนอกจากจะต้องเร่งปรับอากาศให้เย็นแล้ว ยังต้องพยายามนำความร้อนออกไปจากตัวโครงสร้างพื้นผนังบ้าน ซึ่งหากบ้านมีฉนวนกันความร้อนหุ้มไว้อย่างหนาแน่นก็จะยิ่งหน่วงความร้อนที่เข้ามาตั้งแต่กลางวันผนวกกับปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากหลอดไฟ และเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านจึงยิ่งเป็นการเพิ่มความร้อนให้เป็นภาระแก่เครื่องปรับอากาศมากยิ่งขึ้น ซึ่งทั้งนี้บ้านพักอาศัยส่วนใหญ่จะเปิดใช้เครื่องปรับอากาศตั้งแต่เวลาค่ำ และถ้าบ้านยิ่งสะสมความร้อนไว้เป็นปริมาณมากตลอดวันจนถึงเวลาหัวค่ำ

บ้านก็จะยิ่งใช้พลังงานมากในการปรับอากาศนั่นเอง

วิธีการแก้ไขเพื่อให้บ้านประหยัดพลังงานก็คือต้องออกแบบบ้านให้เย็นที่สุดในเวลาหัวค่ำที่ผู้อยู่อาศัยเดินทางกลับถึงบ้าน ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะประกอบไปด้วย

1. การนำเอาความร้อนออกไปจากตัวบ้านโดยตลอดทั้งวัน (เช่น การเปิดให้บ้านได้ระบายอากาศทิ้งไว้)

2. การบังแดดให้หน้าต่างกระจกอย่างเต็มที่เพื่อมิให้ความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้าสู่ภายในบ้านมาก

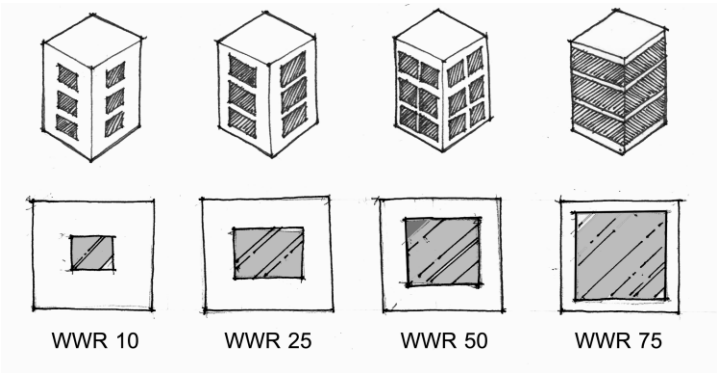
3. หลีกเลี่ยงการใช้ผนังที่มีมวลมากที่จะส่งผลให้เกิดการเก็บกักความร้อน ซึ่งคุณลักษณะที่ช่วยให้บ้านเย็นในเวลาหัวค่ำ ซึ่งเป็นลักษณะที่พบได้ใน “เรือนไทยพื้นถิ่น” นั่นเอง (ภาพที่ 5-19)

ภาพที่ 5-19 เรือนไทยมีการออกแบบที่สอดคล้องกับอากาศร้อนชื้นทุกประการ ทั้งทางด้านการบังแดด การรับลม และการลดการสะสมความร้อน การวิจัยพบว่าด้วยการออกแบบที่ป้องกันความร้อนอย่างเต็มที่ ถึงแม้จะติดตั้งเครื่องปรับอากาศในเรือนไทยก็ยังจะประหยัดพลังงานมากกว่าบ้านจัดสรรทั่วไป

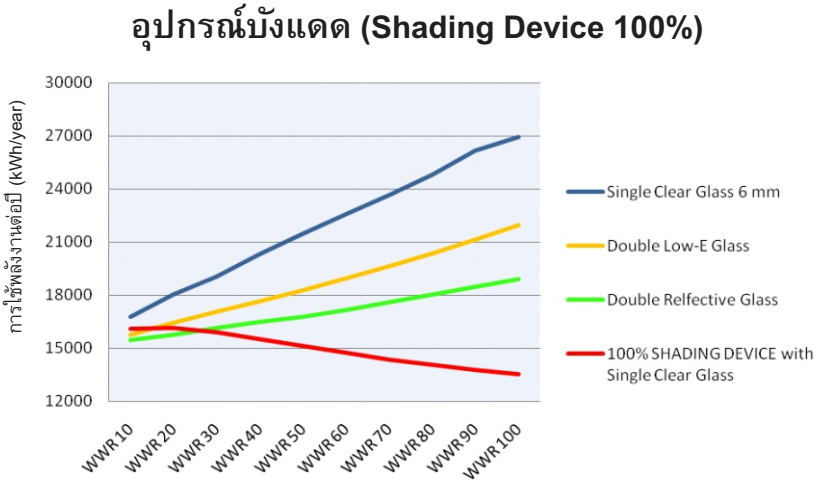
ซ. การบังแดด

อีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดรังสีอาทิตย์ซึ่งหน้าต่างกระจก คือ การใช้แผงกันแดด แต่รูปแบบนี้จะส่งผลต่อรูปลักษณ์ของบ้าน และอาจจะถูกมองว่าเป็นอุปกรณ์ตกแต่งราคาแพง สร้างภาระในการดูแลรักษา และทำความสะอาด ผู้ออกแบบบางส่วนจึงพยายามหลีกเลี่ยงด้วยการใช้วัสดุเปลือกอาคารชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติการกันความร้อนที่ดีเพื่อทดแทนการใช้แผงบังแดด เช่น การใช้ฉนวนกันความร้อน หรือใช้กระจกประสิทธิภาพสูง ซึ่งบางกรณี การใช้กระจกพิเศษก็ช่วยป้องกันความร้อนได้ดี จนทำให้มีการกล่าวว่าการใช้อุปกรณ์บังแดดเป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ เพราะผู้ออกแบบไม่ได้ คำนึงถึงการออกแบบรูปทรงที่ดี หรือการวางทิศทางอาคารที่เหมาะสมซึ่งประเด็นนี้ ได้มีการศึกษาวิจัยทางวิชาการแล้วพบว่า การบังแดดที่ถูกต้อง เป็นการป้องกันปัญหามากกว่าการแก้ปัญหา เพราะเป็นการปกป้องอาคารจากความร้อนที่จะเข้าสู่ภายในตั้งแต่ต้น ซึ่งบ้านพักอาศัยที่สามารถปิดกันแดดได้มิดชิดในเวลากลางวันที่ไม่มีผู้พักอาศัย พบว่าไม่จำเป็นต้อง

ใช้กระจกประสิทธิภาพสูงพิเศษ เพื่อให้ประหยัดพลังงาน จากการศึกษาของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ประวิตร กิตติชาญธีระ 2552) พบว่าบ้านที่มีสัดส่วนพื้นที่หน้าต่างกระจกมาก (ค่า WWR หรือ Window-to-wall-area ratio ยิ่งสูง) การใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นจะยิ่งสูงขึ้นตามสัดส่วนพื้นที่กระจก ไม่ว่าจะเป็นกระจกชนิดใดก็ตาม แต่หากมีการบังแดดได้ 100% ในเวลากลางวัน จะพบว่าการใช้กระจกใสธรรมดาก็เพียงพอและช่วยประหยัดพลังงานได้มากกว่า ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5-4 ซึ่งการบังแดดดังกล่าวอาจจะทำได้ทั้งจากการใช้แผงกันแดดภายนอกแบบเปิดปิด (Shutter) หรือการใช้ร่มเงาจากต้นไม้โดยรอบ ซึ่งเมื่อพิจารณาวิธีการออกแบบบ้านซิโนโปรตุกิสในภาคใต้ของประเทศไทยที่มีการออกแบบหน้าต่างชัตเตอร์ที่กันแดดอย่างมีประสิทธิภาพมาเป็นเวลาร่วมร้อยปี (ภาพที่ 5-21) ปัจจุบันก็ยังพบว่ามีความน่าสบายโดยไม่ต้องพึ่งพากระจกพิเศษที่มักมีราคาสูง



ภาพที่ 5-20 สัดส่วนกระจกพื้นที่หน้าต่างต่อผนังภายนอกอาคาร
(WWR หรือ Window-to-wall-area ratio)



แผนภูมิที่ 5-4 ผลการใช้พลังงานของบ้านจัดสรรทั่วไปที่ไม่ได้ติดตั้งกระจกประสิทธิภาพสูงพิเศษ แต่มีการบังแดดเต็มที่ในเวลากลางวัน 100% (เส้นสีแดง) เทียบกับบ้านที่ไม่มีการกันแดดแต่ติดตั้งกระจกประสิทธิภาพการกันความร้อนสูง (เส้นสีเหลืองและสีเขียว) (ประวิตร กิตติชาญธีระ 2552)

ภาพที่ 5-21 การใช้อุปกรณ์กันแดดด้วย shutter ที่มีประสิทธิภาพสูง ในบ้านแบบโบราณ

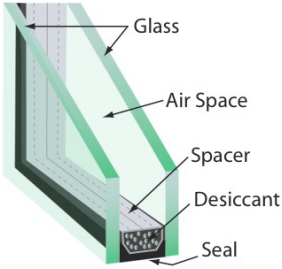
ภาพที่ 5-22 การใช้อุปกรณ์กันแดดแบบ Shutter ภายนอกอาคาร ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง เพราะสามารถกันความร้อนตั้งแต่ก่อนเข้าสู่อาคาร

ฌ. หน้าต่างกระจก

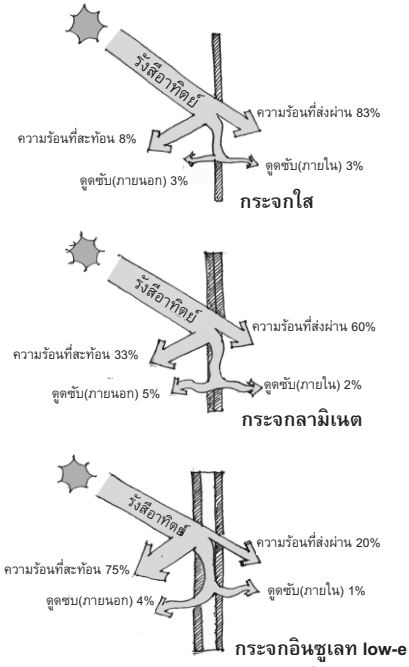
เกี่ยวเนื่องกับเรื่องการบังแดดให้แก่หน้าต่างบ้าน การเลือกใช้กระจกอย่างไม่ถูกต้องเป็นความผิดพลาดที่พบมากในวงการก่อสร้าง ทั้งนี้เนื่องจากเทคโนโลยีการประดิษฐ์กระจกอาคารได้พัฒนาก้าวหน้ามากเกินกว่าความรู้ความเข้าใจทางด้านฟิสิกส์ของสถาปนิกทั่ว ๆ ไป ด้วยเหตุนี้ จึงมีการเลือกใช้กระจกที่ผิดประเภท ผิดสถานที่ นำมาซึ่งราคาค่าก่อสร้างที่แพงและไม่คุ้มค่า ดังเช่นการใช้กระจกสองชั้นฉนวนกันความร้อน หรือที่เรียกว่ากระจกอินซูเลท ที่มักใช้กับอาคารในประเทศหนาวแถบยุโรปซึ่งเป็นกระจกอินซูเลท แต่เป็นชนิดใส (Clear) จะพบว่าไม่ได้ช่วยประหยัดพลังงานในประเทศไทย เนื่องจากอากาศร้อนชื้นแบบประเทศไทย อุณหภูมิอากาศภายนอกไม่สูงมาก แต่ทว่าแสงแดดกลับแรงมาก ดังนั้นกระจกที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยจะต้องเป็นกระจกตัดแสง (Tinted Glass) หรือ กระจกที่ลดการแผ่รังสีความร้อน (Low-e Glass) ในขณะที่ประเทศเมืองหนาวอุณหภูมิอากาศภายนอกที่ต่ำมากระดับจุดเยือกแข็ง จะทำให้ภายในอาคารสูญเสียความร้อนออกภายนอก

เป็นอย่างมาก และทำให้ผิวหน้าต่างภายในเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ จึงจำเป็นต้องใช้กระจกอินซูเลทที่กันความร้อนจากภายในรั่วไหลออกสู่ภายนอก

มีหลายกรณีที่สถาปนิกต้องการให้บ้านประหยัดพลังงาน จึงได้จัดงบประมาณที่จะติดตั้งกระจกประสิทธิภาพสูงโดยการใช้กระจกอินซูเลทใส (ชนิดเดียวกันกับที่ใช้ในประเทศหนาว) แต่ไม่ใช้กระจกเคลือบสาร Low-e เพราะเข้าใจว่าการใช้กระจกใสที่เป็นอินซูเลทจะช่วยทดแทนกันได้ โดยเฉพาะการออกแบบร่วมกับการติดตั้งฉนวนกันความร้อนในผนังบ้าน ผลที่เกิดขึ้นก็คือ “ปรากฏการณ์กระติกน้ำร้อน” ที่แสงแดดทะลุทะลวงผ่านกระจกใสได้โดยง่าย แต่ความร้อนกลับถูกขังเอาไว้ภายในบ้านด้วยฉนวนกันความร้อนในเนื้อผนังและเนื้อกระจก ส่งผลให้ภายในบ้านมีอากาศร้อนกว่าปกติ และสิ้นเปลืองพลังงานจากการทำความเย็น ดังนั้น หากต้องการประหยัดพลังงานจะต้องพิจารณาที่ค่าตัวเลขที่เกี่ยวกับการป้องกันค่าความร้อน เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient หรือ SHGC) โดยต้องกำหนดให้



ภาพที่ 5-23 ลักษณะของกระจกอินซูเลต คือ กระจก 2 ชั้น ซึ่งมีช่องว่างบรรจุอากาศหรือก๊าซเฉื่อย



ภาพที่ 5-24 คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของกระจกชนิดต่างๆ

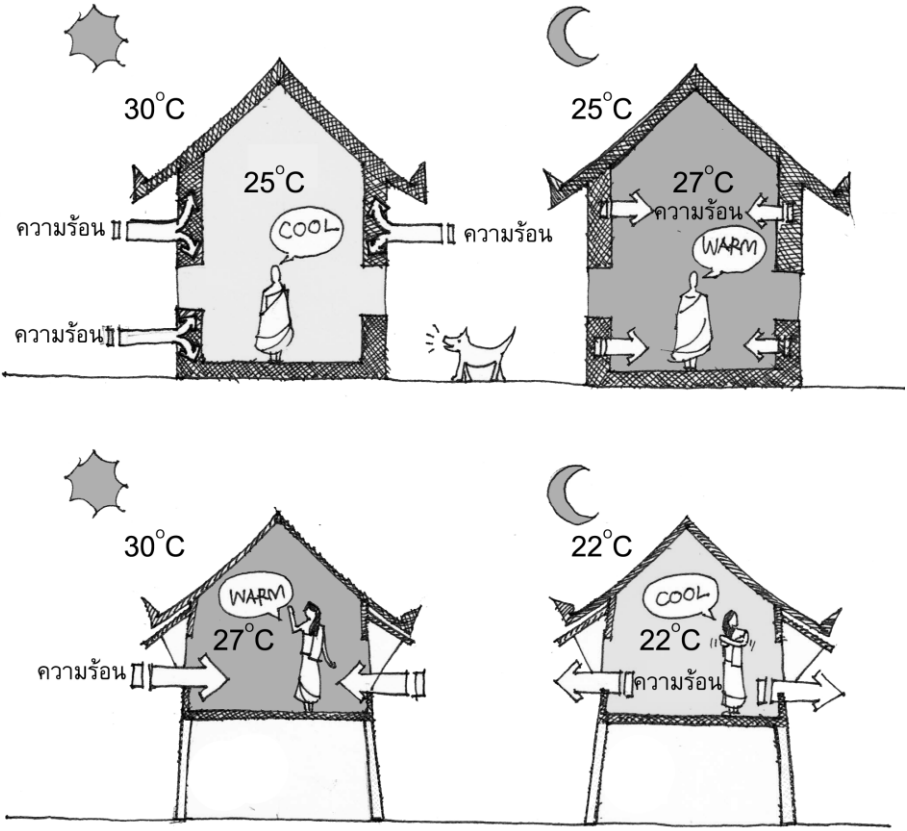
มีค่าที่ต่ำกว่าปกติ และให้ความสำคัญกับ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน หรือ ค่า U ของกระจกให้น้อยกว่า ส่งผลให้การประหยัดพลังงานจะเกิดได้มากขึ้น หากมีการกันแดดให้แก่กระจกหน้าต่างในเวลากลางวันอย่างเต็มที่ด้วยต้นไม้พืชพรรณ หรืออุปกรณ์กันแดดภายนอก (Shading Device) เช่น ระแนงกันแดดที่กระจก หรือ กันสาดหน้าบ้าน

ญ. เรือนไทยและโบสถ์ไทย

ประเด็นที่มีการกล่าวถึงมากเกี่ยวกับบ้านประหยัดพลังงานก็คือเรื่องการใช้ฉนวนกันความร้อน มีความเข้าใจว่าผนังอาคารในเขตร้อนชื้นจะต้องสร้างด้วยวัสดุน้ำหนักเบาที่ค่าการเป็นฉนวนกันความร้อน เพื่อลดการสะสมความร้อนที่จะทำให้เกิดความไม่น่าสบายและไม่ประหยัดพลังงาน ซึ่งเป็นการกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้องเสียทีเดียว เพราะอาคารพื้นถิ่นในประเทศไทยมีทั้งที่ก่อสร้างด้วยผนังเบา เช่น เรือนไทย และผนังวัสดุหนาหนักทึบตันแบบโบสถ์ไทย เนื่องจากการที่สถาปนิกอาจละเลยการพิจารณากระบวนการถ่ายเทความร้อนอาคาร จึงไม่ได้ตั้งคำถามว่าทำไมบรรพบุรุษไทยจึงสร้างอาคารบางเบาแบบเรือนไทย

แต่พอเป็นโบสถ์กลับกลายเป็นผนังก่ออิฐหนาถึง 80 ซม. ทั้งๆ ที่อาคารทั้งสองก็เป็นอาคารที่น่าอยู่น่าสบายสอดคล้องกับอากาศเมืองไทย

ข้อสังเกตในประเด็นนี้คือ อาคารทั้งสองมีการใช้งานต่างเวลากัน ผู้อยู่อาศัยในเรือนไทยไม่ได้ทำกิจกรรมประจำอยู่บนตัวเรือนในเวลากลางวัน เพราะออกไปทำไร่ทำนา และแม่บ้านทำงานบ้านอยู่ที่ใต้ถุนเรือน จึงไม่ต้องรับความร้อนอยู่บนเรือนที่สร้างด้วยไม้ แต่เมื่อในเวลาค่ำ ผู้ใช้อาคารก็จะขึ้นเรือนไปพักผ่อนนอนหลับแล้วพบว่าเรือนไม้จะเย็นลงอย่างรวดเร็วหลังจากที่พระอาทิตย์ตกดิน ซึ่งกรณีนี้จะแตกต่างจากสิ่งที่เกิดขึ้นในโบสถ์ไทยที่เวลากลางวัน ภายในอาคารจะรู้สึกเย็นสบายกว่าในเรือนไทย ทั้งนี้เพราะผนังอิฐหนาทึบที่ใช้ในโบสถ์ได้ช่วยหน่วงความร้อนในเวลากลางวันเอาไว้ โบสถ์จึงเย็นสบายในเวลากลางวัน (ภาพที่ 5-25) ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ จะเห็นว่าอาคารที่ใช้งานในเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่ เช่น สำนักงาน โรงเรียน ร้านค้า จึงสามารถก่อสร้างโดยใช้ผนังที่มีความหนามากแล้วยังช่วยประหยัดพลังงานการทำความเย็น



ภาพที่ 5-25 ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของผนังเรือนไทยและโบสถ์ไทย โดยผนังของโบสถ์ไทยจะหน่วงความร้อนในเวลากลางวัน ในขณะที่บ้านไทยจะใช้ผนังที่ไม่สะสมความร้อนเพื่อให้ระบายความร้อนกลับออกสู่อากาศเร็วในเวลาหัวค่ำ

แต่หากเป็นอาคารที่ใช้งานในเวลากลางคืนเป็นส่วนใหญ่ เช่น อาคารชุด หรือคอนโดมีเนียมที่มีหน่วยพักอาศัยขนาดเล็กที่ใช้เป็นห้องนอนเป็นส่วนใหญ่จะต้องหลีกเลี่ยงการใช้ผนังอาคารที่มีความหนาทึบมากเกินไป ดังนั้นการสร้างบ้านแบบกึ่งอิฐกึ่งไม้ โดยให้ชั้นล่างที่เป็นห้องนั่งเล่นที่ใช้งานเวลากลางวันเป็นผนังอิฐหนาที่หน่วงความร้อนแบบโบสถ์ไทยแต่ใช้ไม้เป็นผนังของห้องนอนชั้นสองที่ไม่อมความร้อนแต่กลับช่วยระบายความร้อนอย่างรวดเร็วในช่วงเวลากลางคืน ตามทฤษฎีจะเป็นทางออกที่มีประสิทธิภาพ เหมาะกับลักษณะพฤติกรรมการอยู่อาศัยของคนเมืองในปัจจุบันได้เช่นกัน

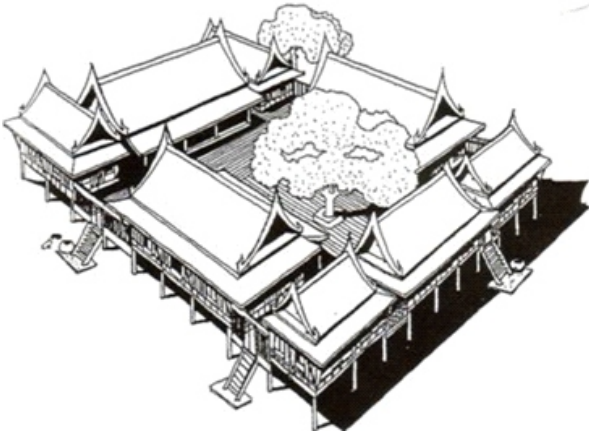
เรือนไทย ภูมิปัญญาไทย

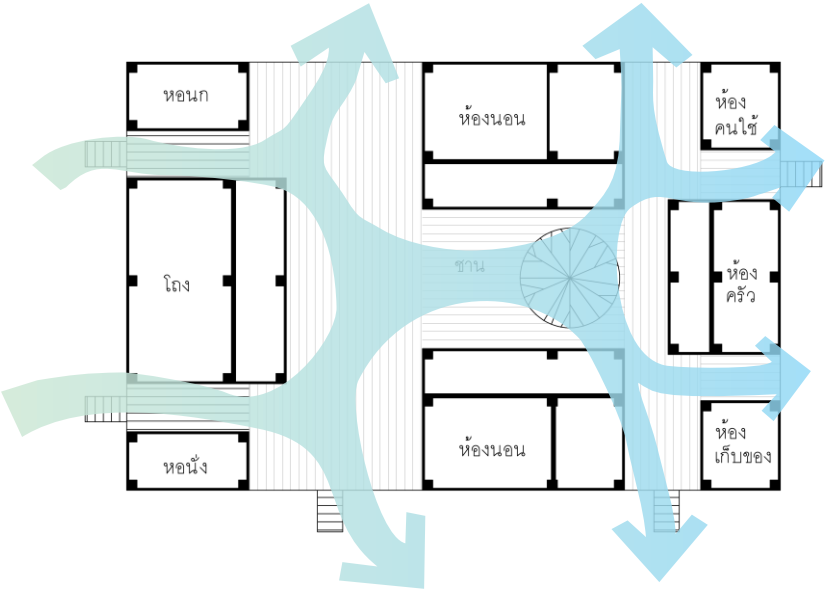
ภูมิภาคที่อยู่ในเขตร้อนชื้นแบบป่าฝน ได้แก่ บริเวณเอเชียอาคเนย์ เช่น ภาคใต้ของประเทศไทยมาเลเซีย อินโดนีเซีย รวมทั้งเขตป่าดงดิบลุ่มแม่น้ำอเมซอน และบางส่วนของแอฟริกา เขตนี้จะมีภูมิอากาศที่ดีที่สุดสำหรับการเจริญเติบโตของพืชพรรณ แต่สำหรับมนุษย์แล้วอากาศแบบร้อนชื้นเป็นอากาศที่ไม่น่าสบายนักเนื่องจากความชื้นในอากาศจะทำให้การถ่ายเทความร้อนจากร่างกายด้วยเหงื่อเป็นไปได้อย่างลำบาก เมื่อร่วมกับความร้อนภายนอกแล้วจะเกิดสภาพอากาศที่ร้อนเกินไป นอกจากนี้ความชื้นในอากาศจะทำให้ท้องฟ้ามีเมฆมาก เป็นผลทำให้อุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนไม่แตกต่างกันมากนัก การใช้ความเย็นในเวลากลางคืนเพื่อดูดซับความร้อนสะสมจากกลางวันจึงไม่ได้ผล อาคารในเขตนี้จึงมักจะก่อสร้างด้วยวัสดุมวลเบา เช่น ไม้ เพื่อมิให้ความร้อนในเวลากลางวันสะสมในเนื้อวัสดุจนทำให้กลางคืนร้อนตามไปด้วย อาคารในเขตนี้ยังคงต้องอาศัยการระบายอากาศเพื่อลดความชื้น และใช้การกันแดดเพื่อลดความร้อน โดยจะใช้หลังคาทรงสูงเพื่อป้องกันความร้อนจากหลังคา

ที่กล่าวมาเบื้องต้น คือสิ่งที่เรือนไทยได้ถูกออกแบบมาตั้งแต่การวางผังกลุ่มอาคารที่กระจัดกระจาย ไม่ใช่การวางผังที่กระชับแน่นแบบอาคารเมืองหนาว ซึ่งการวางผังที่กระจัดกระจายและมีช่องลมทุกทิศ ทำให้ห้องต่าง ๆ ทุกห้องสามารถเปิดรับลมที่มาจากทุกทิศทาง (ภาพที่ 5-27) ทั้งนี้เพราะอากาศในเขตนี้จะมีอุณหภูมิไม่แตกต่างกันมากนักระหว่างฤดูร้อนและฤดูหนาว จึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องพยายามรับลมจากทิศใด ๆ เป็นหลัก หรือพยายามหลีกเลี่ยงลมจากทิศใด ๆ อย่างชัดเจน การวางผังแบบนี้จะทำให้ทุกห้องมีช่องเปิดเข้าและช่องเปิดออก ก่อให้เกิดการระบายอากาศแบบช่องตรงข้าม (Cross Ventilation) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุดในการระบายอากาศ และการสร้างความเร็วลมสูงเพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย

ทางด้านรูปทรงอาคาร การออกแบบให้เป็นจั่วทรงสูง ช่วยป้องกันความร้อนจากหลังคาลงมาด้านล่าง และนอกจากนี้การยกพื้นสูงนอกจากจะเพื่อการป้องกันผลกระทบจากน้ำท่วมแล้ว ยังช่วยให้เกิด “พื้นที่ใต้ถุน” ที่มีร่มเงาและลมพัดผ่านตลอดทั้งวัน จึงเป็นบริเวณที่ใช้ทำงานบ้าน พักนั่งเล่นระหว่างวัน ทำกิจกรรมต่าง ๆ รวมทั้งประกอบอาหารและรับประทานอาหาร ซึ่งจะเห็นว่าคนไทยโบราณจะใช้เวลากลางวันที่ใต้ถุนเรือนเพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนที่เกิดขึ้นบนตัวเรือน

ภาพที่ 5-26 ตัวอย่างเรือนไทยจุฬา ที่มีการออกแบบให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย



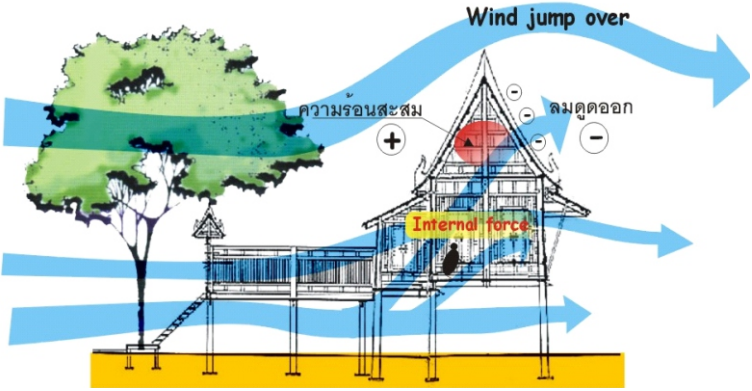


ภาพที่ 5-27 การวางผังหมู่เรือนไทยที่ช่วยการระบายอากาศ
(คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547)

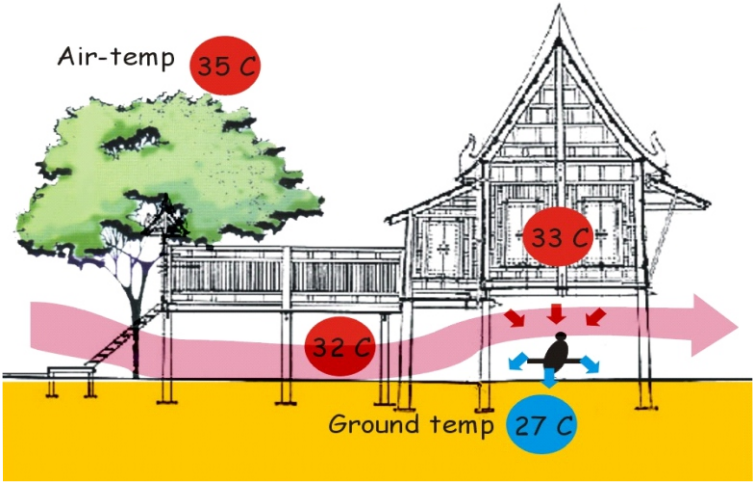
ด้านการเลือกวัสดุ เนื่องจากภูมิภาคนี้เป็นเขตที่มีต้นไม้ขึ้นและเป็นที่ลุ่ม ไม่ใช่เขตภูเขา ดังนั้นวัสดุก่อสร้างส่วนใหญ่จึงมาจากต้นไม้ ป่าไม้ ไม่ใช่อิฐ หิน ดิน ทราย บ้านไทยจึงก่อสร้างด้วยไม้ทั้งหลัง ส่งผลให้เรือนไทยมีความเย็นอันเนื่องมาจากการที่ไม้เป็นวัสดุที่ไม่สามารถดูดซับความร้อนไว้มากเท่าวัสดุที่เป็นคอนกรีต เรือนไทยจึงอาจจะร้อนเร็ว แต่ก็เย็นเร็วทันเวลานอนของผู้อยู่อาศัยเวลากลางคืน นอกจากนี้ เพื่อการแก้ไขปัญหาความร้อนในเวลากลางวัน เรือนไทยจึงถูกออกแบบมาให้มีชายคายื่นยาวบังแดด โดยจะยื่นมาบังแดดให้ผนังด้านข้างตัวเรือนเกือบทั้งหมด ซึ่งผลที่ได้จากชายคายื่นยาวกันแดดก็คือ การได้ชายคายาวกันฝนสาด เพราะเป็นเขตชื้นที่ฝนตกมากตลอดปี การทำกันสาดยื่นยาวจึงช่วยให้เปิดหน้าต่างได้ในขณะที่ฝนตก

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของเรือนไทยแล้ว จะเห็นว่าเป็นการแสดงออกของภูมิปัญญาความเข้าใจสภาพอากาศแบบร้อนชื้นของคนไทยโบราณเป็นอย่างดี นำมาซึ่งการออกแบบที่พักอาศัยที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ประหยัดพลังงาน และมีความน่าอยู่น่าสบาย

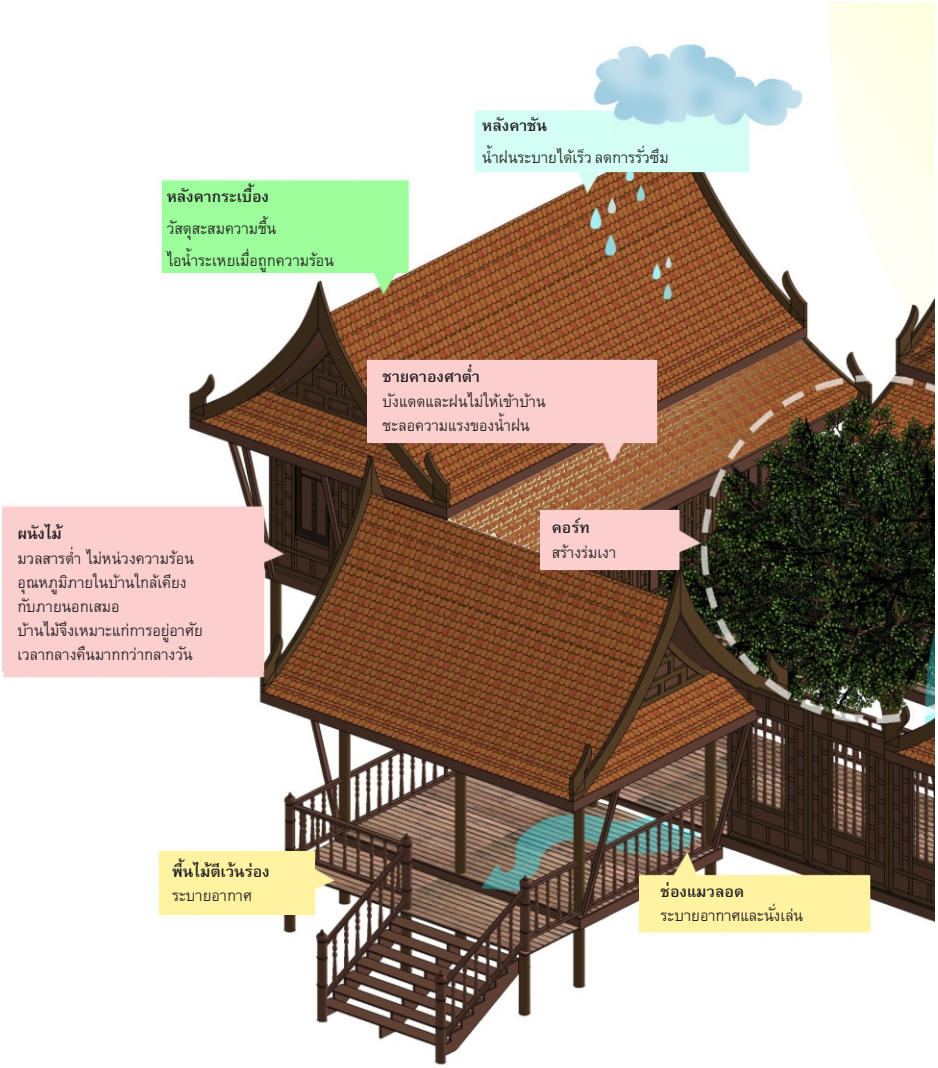
ตลอดทั้งปี แต่ทั้งนี้การออกแบบอาคารในสมัยใหม่อาจไม่สามารถทำอาคารเป็นรูปทรงไทยได้ทั้งหมด เพียงแต่ผู้ออกแบบต้องเข้าใจสิ่งที่เรือนไทยพยายามแก้ปัญหาความไม่น่าสบายจากอากาศร้อนชื้น ด้วยการวางผัง การออกแบบรูปทรง การเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง การบังแดดและระบายอากาศไปพร้อมกัน จึงจะสามารถสร้างอาคารที่พักอาศัยที่น่าสบายและคาร์บอนต่ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ



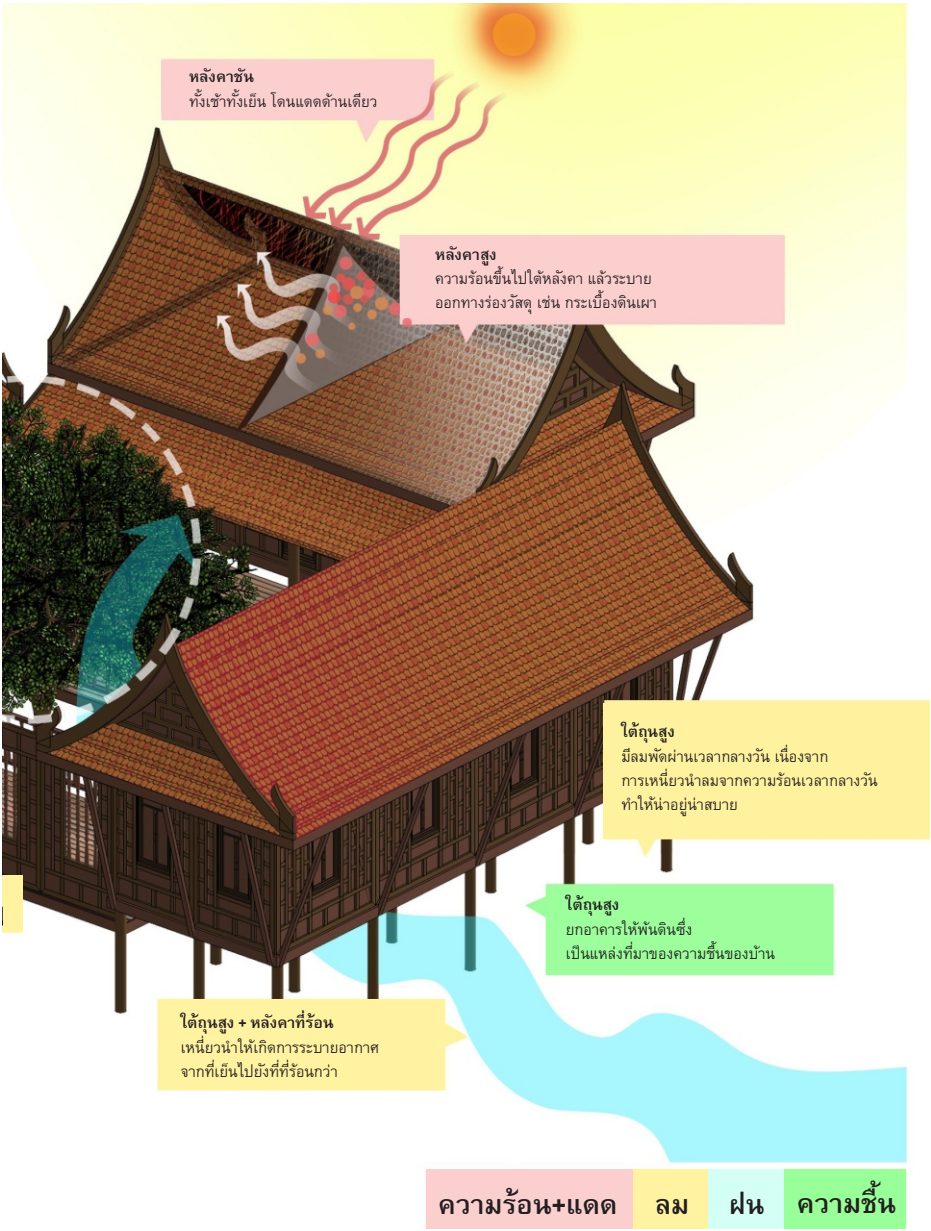
ภาพที่ 5-28 การออกแบบเรือนไทยที่ช่วยการระบายอากาศ คือ เรือนมีความโปร่ง ลมสามารถผ่านได้ทั้งจากพื้น ผนัง และหลังคา (คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547)



ภาพที่ 5-29 การออกแบบเรือนไทยที่ช่วยสร้างสภาวะน่าสบายในเวลากลางวัน โดยพื้นที่ใช้งานในช่วงเวลากลางวันจะเป็นใต้ถุนบ้าน ซึ่งได้รับร่มเงาจากตัวเรือนด้านบน ในขณะที่ได้รับความเย็นจากพื้นดิน (คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547)



เรือนไทยมีหลายประเภท ได้แก่ เรือนเครื่องสับ เรือนเครื่องผูก เรือนเครื่องก่อ
ซึ่งจะขออธิบายถึงเรือนเครื่องสับ เนื่องจากเป็นเรือนไทยที่ได้รับความนิยมสูงสุด รวมถึงใช้ได้ทุกชนชั้น
เรือนไทยส่วนมากสร้างด้วยไม้ หรือวัสดุที่หาได้จากธรรมชาติตามท้องถิ่นนั้นๆ
โดยมักมีการก่อสร้างแบบ Knock-down คือ วิธีประกอบสำเร็จรูป สามารถรื้อถอนขนย้ายไปปลูกสร้างที่อื่นได้
เอกลักษณ์ ได้แก่ หลังคาทรงสูง ใต้ถุนโล่ง มีลักษณะเป็นเรือนขยาย และการยึดเรือนด้วยดเดือยไม้



ภาพที่ 5-30 องค์ประกอบของเรือนไทยที่คำนึงถึงปัจจัยแดด ลม ฝน ความชื้น

บทส่งท้าย

จากผลการวิจัยและออกแบบรายละเอียดบ้านและตึกแถวคาร์บอนต่ำ โดยคณะผู้วิจัย จนกระทั่งนำเสนอผลออกมาเป็นคู่มือฉบับนี้ สิ่งสำคัญที่ค้นพบคือ อาคารบ้านเรือนมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 2 ช่วงสำคัญ ได้แก่ ช่วงการผลิตวัสดุ จนนำมาก่อสร้างแล้วเสร็จเป็นอาคารพร้อมอยู่ และช่วงที่ใช้สอยอาคารตลอดอายุอาคารซึ่งจะมาจากการใช้พลังงานของอาคารเป็นหลัก ในส่วนของการย่อยสลายทำลายอาคาร จากงานวิจัยหลายๆ งาน พบว่ามีค่าน้อยมาก คือมีสัดส่วนเพียงประมาณ 1% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดอายุอาคาร จึงไม่ได้นำมาพิจารณาเป็นประเด็นสำคัญ สำหรับบ้านและตึกแถวในประเทศไทยพบว่าเป็นอาคารประเภทที่มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการก่อสร้างเป็นสัดส่วนที่สูงถึงประมาณ 40% ของการปล่อยตลอดช่วงชีวิต ในขณะที่อาคารสำนักงานขนาดใหญ่จะมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการก่อสร้างเพียง 10% เท่านั้น ดังนั้น การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างบ้านที่มีประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานสูง โดยเป็นวัสดุที่มาจากธรรมชาติ หรือเป็นวัสดุรีไซเคิล จะเป็นการช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนก่อสร้างอาคารลงได้อย่างมาก

สำหรับช่วงการใช้สอยอาคาร พบว่าการที่ประเทศไทยอยู่ในเขตอากาศแบบร้อนชื้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการใช้สอยอาคารมากกว่า 60% จะมาจากการใช้เครื่องปรับอากาศ ซึ่งนับวันจะยิ่ง

มีปริมาณที่สูงขึ้น คณะผู้วิจัยพบว่าการออกแบบก่อสร้างบ้านพักอาศัยเพื่อช่วยให้ประหยัดพลังงานลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถทำได้ด้วยการออกแบบบ้านให้เย็นสบายลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งลดจำนวนชั่วโมงที่มีความจำเป็นต้องเปิดเครื่องปรับอากาศลง การออกแบบอาคารให้หลบแดด รับลมธรรมชาติ ลดการสะสมความร้อนในเวลากลางวันจะช่วยลดความต้องการการปรับอากาศลง ทำให้อาคารประหยัดพลังงาน และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงในที่สุด ซึ่งสิ่งเหล่านั้นก็คือองค์ประกอบทางการออกแบบอาคารที่สอดคล้องกับภูมิอากาศของไทยที่แสดงออกในการออกแบบเรือนไทยโบราณมานานหลายศตวรรษ

ผลสำคัญที่ได้รับจากการวิจัยดังกล่าวทำให้คณะผู้วิจัยจำเป็นต้องนำมาเสนอในคู่มือฉบับนี้ เพื่อให้สาธารณะได้รับทราบว่าการออกแบบก่อสร้างบ้านและตึกแถวคาร์บอนต่ำที่สอดคล้องกับภูมิอากาศของไทยและเหมาะสมกับบริบททางสังคมวัฒนธรรมของคนไทยในปัจจุบันนั้นเป็นเช่นไร รวมทั้งนำเสนอมูลฐานการออกแบบบ้านที่เย็นน่าสบาย ซึ่งจะนำมาสู่การประหยัดพลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศในที่สุด ทั้งนี้เจ้าของอาคารจะสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปประกอบกับแบบก่อสร้างบ้านทั้ง 3 หลัง เพื่อนำมาใช้ก่อสร้างบ้านคาร์บอนต่ำตามที่ตนเองต้องการ หรือมิฉะนั้นก็จะได้เกณฑ์ในการเลือกซื้อบ้านคาร์บอนต่ำที่ถูกต้องมากขึ้น ในส่วนของสถาปนิกผู้ออกแบบก็จะได้นำข้อมูลจากคู่มือฉบับนี้ไปใช้ออกแบบบ้านที่น่าอยู่น่าสบายและคาร์บอนต่ำ เพื่อลดผลกระทบจากสภาวะโลกร้อนสืบต่อไป คณะผู้วิจัยหวังว่าคู่มือฉบับนี้จะได้รับการนำไปใช้เป็นประโยชน์อย่าง

เต็มที่สมดังความตั้งใจขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ที่มุ่งมั่นส่งเสริมและผลักดันให้ทุกภาคส่วนได้มีส่วนร่วมในการลดสาเหตุของปัญหาสภาวะโลกร้อน โดยการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก หรือที่เรียกโดยทั่วไปว่า ลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ อย่างเหมาะสม ควบคู่ไปกับการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม เพื่อความอยู่ดี กินดี ตามแนวการพัฒนาสังคมคาร์บอนต่ำ

บรรณานุกรม

ประวิตร กิตติชาญธีระ (2552). ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของอุปกรณ์กันแดดแบบผนัง 2 ชั้น: กรณีศึกษาอาคารพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาปัตยกรรมศาสตร์, คณะ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. รายงานการวิจัยสถาปัตยกรรมไทยเพื่อการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2547.

สุธรรม ปทุมสวัสดิ์. (2553). การศึกษาและกำหนดค่า Carbon Intensity ของอุตสาหกรรมพลังงาน (โรงไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล). กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สุบิน วงศ์ฝั้น, ธนิต จินดาวณิค, และ อรรจน์ เศรษฐบุตร (2549). แนวทางการใช้รูปแบบการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยในบ้านพักอาศัย วารสารวิจัยพลังงาน. ฉบับที่ 3/2549 หน้า 31-50 สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศักดา เชี่ยวนันทวงศ์, ธนิต จินดาวณิค, และ อรรจน์ เศรษฐบุตร (2550). การออกแบบบ้านแถวเพื่อใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ วารสารวิจัยพลังงาน. ฉบับที่ 4/2550 หน้า 73-84 สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อธิคม วิมลวัตรเวที, ธนิต จินดาวณิค, และ อรรจน์ เศรษฐบุตร (2549). แนวทางการออกแบบปรับปรุงบ้านเอื้ออาทรเพื่อสภาวะน่าสบายและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ วารสารวิจัยพลังงาน. ฉบับที่ 3/2549 หน้า 51-88 สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อรรจน์ เศรษฐบุตร (2555). ค่าดัชนีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวของผู้ใช้อาคารในประเทศไทย วารสารสถาปัตยกรรม (1). 2555 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อรรจน์ เศรษฐบุตร (2554). มาตรฐานค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวของผู้ใช้อาคารในประเทศไทย. รายงานวิจัยเรื่อง “การจัดทำมาตรฐานค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวของผู้ใช้อาคารสำหรับอาคารในประเทศไทยด้วยวิธี Life Cycle Assessment (LCA) โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์” โครงการส่งเสริมการทำงานวิจัยเชิงลึกในสาขาวิชาที่มีศักยภาพสูง กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช ปีงบประมาณ 2552.

อรรจน์ เศรษฐบุตร (2551). การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารทาวน์เฮ้าส์ วารสาร JARS 5(1).2007 หน้า 29-51 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

อรรจน์ เศรษฐบุตร และธนิต จินดาวณิค (2550). การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารบ้านเดี่ยว เอกสารการประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3 23-25 พฤษภาคม 2550 โรงแรมใบหยกสกาย กรุงเทพ ฯ

อรรจน์ เศรษฐบุตร (2548). สภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort). เอกสารประกอบงานสัมมนาวิชาการ Pleasant Built: สร้างสรรค์อาคารสบาย. งานสถาปนิก '48 อิมแพค เมืองทองธานี, 1 พฤษภาคม 2548. สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์

อมรรัตน์ พงศ์พิศิษฏ์สกุล, ธนิต จินดาวณิค, และ อรรจน์ เศรษฐบุตร (2549). การออกแบบบ้านพักอาศัยเพื่อการประหยัดพลังงานด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน วารสารวิจัยพลังงาน. ฉบับที่ 3/2549 หน้า 1-30 สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย

อมรรัตน์ พงศ์พิศิษฏ์สกุล, ธนิต จินดาวณิค, และ อรรจน์ เศรษฐบุตร (2548). อิทธิพลมวลสารภายในต่อการใช้พลังงานและ สภาวะน่าสบายในอาคารพักอาศัยปรับอากาศระบบผสม (Hybrid Cooling) ในเขตร้อนชื้น เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ เรื่อง ประสิทธิภาพพลังงานและการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทน หน้า 88-108 ห้องประชุมสาระนิเทศ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 24 พฤษภาคม 2548.

อธิคม วิมลวัตรเวที, ธนิต จินดาวณิค, และ อรรจน์ เศรษฐบุตร (2549). อิทธิพลมวลสารและค่าความต้านทานความร้อนของผนังภายนอกต่อการใช้พลังงานและสภาวะน่าสบายในอาคารพักอาศัยปรับอากาศระบบผสม (Hybrid Cooling) ในเขตร้อนชื้น เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ เรื่อง ประสิทธิภาพพลังงานและการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทน หน้า 64-87. ห้องประชุมสาระนิเทศ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 24 พฤษภาคม 2548.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2554). รายงานฉบับสมบูรณ์ "โครงการประกวดแนวความคิดออกแบบบ้านและอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำ" http://www.tgo.or.th/download/ LCH/2011/Anouncement/ LCH_Fullpaper.pdf

ASHRAE (2004). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Standard 55-2004. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.

Berge, B. (1976). The Ecology of Building Materials. ๒nd Edition, Oxford: Elsevier Architectural Press.

Givoni, B. (1976). Man, Climate, and Architecture. ๒nd Edition, London: Applied Science Publishers.

Hammond, G. P. and Jones, C. I. (2008). “Embodied Energy and Carbon in Construction Materials”. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Energy 161 (2): 87-98.

Hayashi, T. et al., 2005. "Assessment Concept of Architecture of Habitat System for Sustainable Development", World Sustainable Building Conference, Tokyo.

Kofoworola, O.F. and Gheewala, S.H. (2009), "Life cycle energy assessment of a typical office building in Thailand", Energy and Buildings, 41, pp. 1076-1083.

LBNL. (1994). The DOE-2.1E Supplement. Berkeley, CA.: Lawrence Berkeley National Laboratory.

LBNL. (2001). The DOE-2.1E Documentation Update Package # 4. Berkeley, CA.: Lawrence Berkeley National Laboratory.

Sreshthaputra, A., Haberl, J., and Andrews, M.J. (2004). Improving building design and operation of a Thai Buddhist temple using transient coupled DOE-๒/CFD simulations. Energy and Buildings. Vol 36, Issue 6, pp. 481-494 (June 2004) Elsevier.

Sustainable Energy Research Team (SERT), 2011. Inventory of Carbon and Energy (ICE). University of Bath.

Thormark, C., 2001. “Recycling Potential and Design for Disassembly in Buildings”. Department of Construction and Architecture, Lund University.

บรรณานุกรมภาพ

ภาพที่ 2-1 Caldwell, J. (2011). EPA and Greenhouse Gases 101: Why the Agency Needs to Be Allowed to Reduce Carbon Pollution. Retrieved February 2, 2011, from http://www.americanprogress.org/issues/green/news/2011/02/02/9121/epa-and-greenhouse-gases-101/

ภาพที่ 2-2 Fran, J. D. (2010). Shrink Your Energy Bills. Retrieved January 2, 2010, from http://www.thisoldhouse.com/toh/article/0,,219638,00.html

ภาพที่ 2-3 Rinat, Z. (2012). Knesset bill would ban illegal dumping of building waste. Retrieved May 25,2012, fromhttp://www.haaretz.com/news/national/knesset-bill-would-ban-illegal-dumping-of-building-waste-1.432512

ภาพที่ 2-4 Mcdonell, D. (2011). Turning Grey to Green: The State of Water Recycle. Retrieved March 22, 2011, from http://www.environmentwriter.com/tag/water-reuse/

ภาพที่ 2-6 sustainablemuseums.blogspot.com/ [homepage on the Internet] (2013). Retriveved May 10 2013, http://sustainablemuseums.blogspot.com

ภาพที่ 3-3 nanagarden.com/ [homepage on the Internet] (2013). Retriveved March 27 2013, from http://www.nanagarden.com/

ภาพที่ 3-4 sotus.co.th [homepage on the Internet] (2013). Retriveved March 27 2013, from http://www.sotus.co.th/

ภาพที่ 3-7 Caller.com [homepage on the Internet] (2013). Sunday Homes: Modern marvel. Retriveved March 27 2013, from http://www.caller.com/news/2013/jan/13/modern-marvel/?partner=RSS

ภาพที่ 3-9 Nick Barker (2011). Solar controls and shading. Retriveved March 27, 2013, fromhttp://www.architecture.com/SustainabilityHub/Designstrategies/Fire/1-4-1-6-Solarcontrolsandshading.aspx

ภาพที่ 3-10 makearchitecture.wordpress.com [homepage on the Internet] (2013). 07-ormwork: Intergrated shading. Retriveved March 26, 2013, from http://makearchitecture.wordpress.com/people-2/gerhard-van-der-linde/7-formwork-integrated-shading/

ภาพที่ 3-13 moderndesign.org [homepage on the Internet] (2013). Richard Meier Smith House. Retriveved March 27, 2013, from http://www.moderndesign.org/2012/04/richard-meier-smith-house.html

ภาพที่ 3-16 houseinteriordecoration2013.blogspot.com [homepage on the Internet] (2013). The Importance Of Indoor Lighting In Interior Design. Retriveved March 27, 2013, from http://houseinteriordecoration2013.blogspot.com/2012/11/the-importance-of-indoor-lighting-in.html

ภาพที่ 3-17 allenergies.net [homepage on the Internet] (2013). Retriveved March 27, 2013, from http://www.allenergies.net

viva.bg [homepage on the Internet] (2013). Retriveved March 27, 2013, from http://www.viva.bg

uleth.ca [homepage on the Internet] (2013). Retriveved March 27, 2013, from http://www.uleth.ca

ภาพที่ 3-18 homedosh.com [homepage on the Internet] (2013). HomeDosh-Design Idea For Your Home. Retriveved March 27, 2013, from http://www.homedosh .com

ภาพที่ 3-19 บริษัท โรโต แพค จำกัด (2013). ถังบำบัดน้ำเสีย PN. Retriveved March 27, 2013, from https://sites.google.com/site/rotopak/%E0%B8%96%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%9A%E0%B8%B3%E0%B8%9A%E0%B8%B1%E0%B8%94

dos.co.th [homepage on the Internet] (2013). ถังบำบัดน้ำเสีย ONSITE WASTE WATER TREATMENT. Retriveved March 27, 2013, from http://www.dos.co.th

ภาพที่ 3-21 abathroom.com.au (2013). Retriveved March 27, 2013, from http://abathroom.com.au

ภาพที่ 3-22 Retro Anastasya (2013). Retro Bay Window Kitchen. Retriveved March 27, 2013, from http://www.storyblog.us/retro-bay-window-kitchen/hanksters.ca [homepage on the Internet] (2013). Hankster's Windows Doors & Siding. Retriveved March 27, 2013, from http://www.hanksters.ca/

ภาพที่ 4-1-6 แบบประกวดแนวความคิดบ้านพักอาศัยคารบอนต่ำ 1 ชั้น 2012. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

ภาพที่ 4-7-13 แบบประกวดแนวความคิดบ้านพักอาศัยคาร์บอนต่ำ 2 ชั้น 2012. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

ภาพที่ 4-14-17 แบบประกวดแนวความคิดตึกแถวคาร์บอนต่ำ 3 ชั้น 2012. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

ภาพที่ 4-14-16 สถาปัตยกรรมศาสตร์, คณะ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. รายงานการวิจัยสถาปัตยกรรมไทยเพื่อการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2547.

ภาพที่ 5-30 อรรจน์ เศรษฐบุตร และธนิต จินดาวณิค (2550). การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารบ้านเดี่ยว เอกสารการประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3 23-25 พฤษภาคม 2550 โรงแรมใบหยกสกาย กรุงเทพ ฯ

ภาพที่ 5-4 gmsinfo [homepage on the Internet] (2013). Retrieved March 27, 2013, from http://110.164.59.211/gmsinfo/index.php?option=com_content&view=article&id=189:-clean-energy-expo-asia-2012&catid=18:upcoming-program

ภาพที่ 5-6 oorja.in [homepage on the Internet] (2013). Retrieved March 27, 2013, from http://www.oorja.in/energy-efficient-air-conditioning/what-is-radiant-cooling/

ภาพที่ 5-7 thaitextile.org (2013). Retrieved March 27, 2013, from http://www.thaitextile.org/main/content.php? content_id =ARC0121005200934&content_type=article

ภาพที่ 5-9 velamall.com (2013). Retrieved March 27, 2013, from http://www.velamall.com/classifieds/view.php?id=88635

ภาพที่ 5-11 blogspot.com(2013). Retrieved March 27, 2013, from http://villagefarang.blogspot.com/2007/04/thai-house-or-farang-1-story-or-2.html

ภาพที่ 5-14 tmd.go.th(2013). Retrieved March 27, 2013, from http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=52

ภาพที่ 5-17 energimyndigheten.se (2013). Retriveved March 27, 2013, from http://www.energimyndigheten.se/en/Sustainability/Household/Other-energy-consumption-in-your-home/

ภาพที่ 5-18 123rf.com (2013). Retriveved March 27, 2013, fromhttp://www.123rf.com/photo_6739937_kitchen-in-remodeled-condominium-unit-mahogany-cabinetry. html

ภาพที่ 5-23 justrite.com.au (2013). Retriveved March 27, 2013, from http://www.justrite.com.au/content.php/category/id/9

ภาพที่ 5- 27 - 29 สถาปัตยกรรมศาสตร์, คณะ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. รายงานการวิจัยสถาปัตยกรรมไทยเพื่อการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2547.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) เลขที่ 120 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่
ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ อาคาร B ชั้น 9 กรุงเทพมหานคร 10210