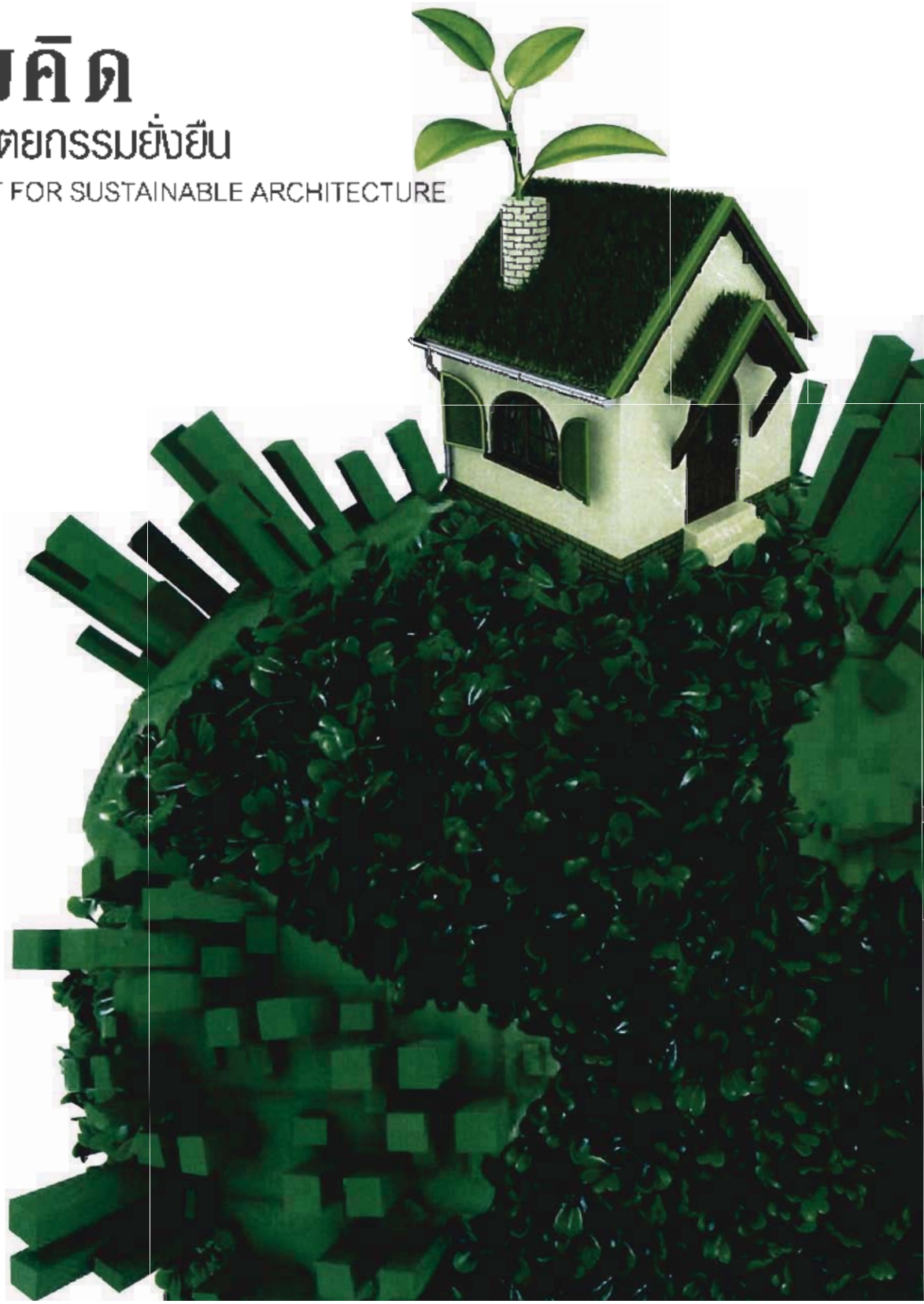
พลิกโฉม

แกนความคิด

ในการออกแบบสถาปัตยกรรมยั่งยืน

THE NEW PARADIGM SHIFT FOR SUSTAINABLE ARCHITECTURE



วรสัณห์ บูรณากาญจน์

พลิกโฉมแกนความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมอย่างยั่งยืน

วรสัณห์ บูรณากาญจน์ รศ.ดร.
1. แกนความคิด
2. การออกแบบ
3. สถาปัตยกรรม

ISBN 978-616-305-047-2
ราคาเล่มละ 450 บาท

ลิขสิทธิ์ของ:
รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณห์ บูรณากาญจน์
พิมพ์ครั้งที่ 1
จำนวน 1,000 เล่ม พ.ศ. 2555

พิมพ์ที่:
บริษัท อาร์ต คลับ จำกัด
59, 59/1 ซอย วชิรธรรมสาธิต 25 สุขุมวิท 101/1 แขวงบางจาก เขตพระโขนง กรุงเทพฯ 10260
โทร. 0-2940-3712 โทรสาร 0-2940-3712 E-mail : artclub88@yahoo.com.sg

จัดจำหน่าย:
บริษัท อาร์ต คลับ จำกัด
59, 59/1 ซอย วชิรธรรมสาธิต 25 สุขุมวิท 101/1 แขวงบางจาก เขตพระโขนง กรุงเทพฯ 10260
โทร. 0-2940-3712 โทรสาร 0-2940-3712 E-mail : artclub88@yahoo.com.sg

การผลิตและการลอกเลียนหนังสือเล่มนี้ไม่ว่ารูปแบบใดทั้งสิ้น ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณห์ บูรณากาญจน์

คำนำ

สถาปัตยกรรมเกิดจากการรวบรวมพัฒนาองค์ความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆ การพัฒนาสถาปัตยกรรมของประเทศไทยเริ่มจากเทคนิคการก่อสร้างพื้นฐานของเรือนไทย โบสถ์ไทย บ้านอย่างง่าย อาคารพาณิชย์ ตลาด โรงแรม จนถึงยุคปัจจุบันของหมู่บ้านจัดสรร อาคารสูง ห้างสรรพสินค้า โรงพยาบาล และอาคารราชการต่าง ๆ การออกแบบสถาปัตยกรรมถูกนำมาคิดตั้งแต่เริ่มโครงการ โดยมีการศึกษาความเป็นไปได้ การออกแบบร่างขั้นต้น พร้อมกับศึกษาด้านการลงทุนและการตลาด ออกแบบรายละเอียด การประมูล การก่อสร้าง โดยควบคุมและบริหารงานก่อสร้าง การใช้งานอาคาร การบำรุงรักษาและซ่อมแซม จนถึงการรื้อถอน กระบวนการเหล่านี้ เมื่อวิเคราะห์ถึงการพัฒนาพบว่าอาคารที่มีคุณภาพตามวัตถุประสงค์การออกแบบในประเทศไทยมีจำนวนไม่มาก ทั้งที่สถาปัตยกรรมที่มีคุณภาพดี โดยผู้ออกแบบและทีมงานพยายามสร้างสรรค์ให้อาคารเหล่านั้นมีคุณภาพสูงโดยใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ของแต่ละยุคแต่ละสมัย

สถาปัตยกรรมในอดีตเริ่มพัฒนาจากการนำวัสดุพื้นถิ่นมาใช้ก่อสร้างอาคาร จากนั้นเมื่อเทคโนโลยีด้านวิทยาศาสตร์สามารถสร้างเครื่องมือเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง พร้อมกับวัสดุที่มีคุณสมบัติสูง ทำให้สถาปัตยกรรมพัฒนาตอบสนองความต้องการของผู้ใช้อาคารได้อย่างเหมาะสม เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น ทรัพยากรต่าง ๆ จึงไม่สมดุลและเริ่มขาดแคลนวัสดุและพลังงานตลอดจนต้นทุนที่สามารถแข่งขันได้

จึงเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบในยุคปัจจุบันและอนาคต เมื่อแนวความคิดในการหาแหล่งวัตถุดิบและพลังงานทดแทนรวมถึงการอนุรักษ์ธรรมชาติให้มีความสมบูรณ์ดังเดิมมีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ การออกแบบก่อสร้างรวมถึงการใช้อาคารจึงใช้แนวทางลดต้นทุนการก่อสร้างและเพิ่มพื้นที่หรือศักยภาพการใช้สอย โดยมุ่งเน้นความคุ้มค่าในการลงทุนเป็นหลัก ทำให้คุณภาพชีวิตและวิถีที่มีคุณค่าของผู้ใช้อาคารด้อยความสำคัญลงไป การลดค่าใช้จ่ายช่วงการใช้งานอาคารมีความสำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจากอายุอาคารส่วนใหญ่มากกว่า 30 ปี ขณะที่การปรับปรุงอาคารมีความสำคัญรองลงมา อย่างไรก็ตามแนวคิดเพื่อลดค่าใช้จ่ายและประหยัดพลังงานยังไม่ใช่คำตอบ เนื่องจากอาคารยังใช้พลังงานจากแหล่งต่าง ๆ หากปรับแนวความคิดจากอาคารที่บริโภคพลังงานเป็นอาคารที่ผลิตพลังงานแล้ว กระบวนการออกแบบจึงจำเป็นต้องพัฒนาเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก อีกทั้งอาคารที่ผลิตพลังงานยังคงต้องตอบสนองความต้องการของมนุษย์ได้อย่างครบถ้วน มีความสะดวกสบายตามมาตรฐานแห่งการอยู่อาศัย

รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณห์ บูรณากาญจน์

สารบัญ

หน้า

1. ความเป็นมา 1
2. พัฒนาการแนวความคิดของมนุษย์ในแต่ละยุค 3
   2.1 แนวความคิดยุคเกษตรกรรม (The Agriculture Era) 3
   2.2 แนวความคิดยุคอุตสาหกรรม (The Industrial Era) 9
   2.3 แนวความคิดยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ (The Information Technology Era) 15
   2.4 แนวความคิดยุควิจัยและพัฒนา (Research and Development Era) 16
   2.5 แนวความคิดยุคสิ่งแวดล้อม (The Environmental Era) 16
   2.6 เปรียบเทียบแนวความคิดแต่ละยุคสมัย 17
3. พัฒนาการสถาปัตยกรรมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยที่เกิดจากแนวคิดในแต่ละยุค 32
   3.1 แนวทางที่ 1 แนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีคุณภาพสูงโดยสถาปนิกชั้นนำ (Architectural Best Practice) 33
   3.2 แนวทางที่ 2 แนวทางกฎหมายควบคุมอาคารด้านการประหยัดพลังงานและการให้รางวัลโดยภาครัฐและนานาชาติ (Buildings Code & Energy Awards) 43
   3.3 แนวทางที่ 3 แนวทางการวิจัยและพัฒนาเชิงบูรณาการด้านการประหยัดพลังงาน (Research and Development in Energy Integration) 49
4. การเปลี่ยนแกนความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมอย่างยั่งยืน 67
   4.1 แนวความคิดยุคทุนจากธรรมชาติ (The Natural Capitalism Era) 67
   4.2 การปฏิวัติแกนความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรม 70
5. การพัฒนาแนวความคิดของมนุษย์ยุคปัจจุบันสู่การปฏิวัติแกนความคิดในการออกแบบ 75
   5.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบการพัฒนาสู่การเปลี่ยนแกนความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรม 75
   5.2 ตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการออกแบบสถาปัตยกรรมสู่การปฏิวัติแกนความคิดในการออกแบบ 91
6. การออกแบบประสานระบบเพื่อสร้างสถาปัตยกรรมอย่างยั่งยืนและคุณภาพชีวิตที่ดี 96
   ยุคอดีตถึงปัจจุบัน 96

บรรณานุกรม 97

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 (ก) พีระมิดในประเทศอียิปต์ และ (ข) บูโรพุทโธในประเทศอินโดนีเซีย ช่วงยุคเกษตรกรรม 2
ภาพที่ 2 กระท่อมน้ำแข็ง หรืออิกลู (Igloo) ในเขตอากาศแบบหนาว 4
ภาพที่ 3 กระโจมของชาวมองโกล ในเขตอากาศแบบหนาวแห้ง หรือเขตทะเลทราย 4
ภาพที่ 4 กระท่อมริมทุ่งนาในอำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย 5
ภาพที่ 5 เรือนไทย 6
ภาพที่ 6 พระที่นั่งไอศวรรย์ทิพยอาสน์ ภายในพระราชวังบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 7
ภาพที่ 7 ยุคอุตสาหกรรม 8
ภาพที่ 8 หอไอเฟลในประเทศฝรั่งเศส 10
ภาพที่ 9 กลุ่มอาคารในมหานครนิวยอร์ค สหรัฐอเมริกา 11
ภาพที่ 10 อาคารชิโนโปรตุเกสริมถนนอัษฎางค์ เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 12
ภาพที่ 11 อาคารสิ่งปลูกสร้างและสถาปัตยกรรมไทยร่วมสมัยในเขตกรุงเทพมหานคร 13
ภาพที่ 12 พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ 14
ภาพที่ 13 สำนักงานในกรุงปักกิ่ง ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน 15
ภาพที่ 14 ภาพตัวอย่างผลงานอาคารยุคที่ 2 อาคารสำนักงานเอ็กโก้ (EGO Headquarter) รางวัลรองอันดับหนึ่งระดับอาเซียน ปี 2543 20
ภาพที่ 15 ตัวอย่างผลงานอาคารยุคที่ 3 อาคารมหาวิทยาลัยชินวัตร (Shinawatra University) รางวัลอันดับหนึ่งอาเซียน ปี 2546 21
ภาพที่ 16 ตัวอย่างผลงานอาคารยุคที่ 3 อาคารศูนย์ราชการ แจ้งวัฒนะ ปี 2551 22
ภาพที่ 17 ตัวอย่างผลงานอาคารยุคที่ 4 บ้านชีวาทิตย์ รางวัลอันดับหนึ่งอาเซียน ปี 2547 24
ภาพที่ 18 ตัวอย่างผลงานอาคารยุคที่ 4 บ้านกลิ้มกลม โดย บริษัท จีจีแอ็ดแวนเทจ จำกัด 25
ภาพที่ 19 กลุ่มอาคารในประเทศไทยที่ใช้พลังงานสูง ก่อนเกิดวิกฤตพลังงาน 31
ภาพที่ 20 เรือนไทยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 32
ภาพที่ 21 การพัฒนาแนวคิดการระบายอากาศ 34
ภาพที่ 22 การพัฒนาแนวคิดการจัดวางอาคาร 35
ภาพที่ 23 การพัฒนาแนวคิดการใช้แผงและอุปกรณ์กันแดด 36
ภาพที่ 24 ร่มเงาของต้นไม้ช่วยลดปริมาณแสงอาทิตย์ 37

ภาพที่ 25 การแผ่รังสีของแสงอาทิตย์บนพื้นผิวโลก 37
ภาพที่ 26 สัดส่วนพลังงานแสงอาทิตย์ 37
ภาพที่ 27 การลดปริมาณแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ของกระจกสีตัดแสง 38
ภาพที่ 28 การลดปริมาณแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ของกระจกสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ 38
ภาพที่ 29 หลักการออกแบบในยุคก่อนเกิดวิกฤตพลังงาน 39
ภาพที่ 30 เปรียบเทียบการใช้พัดลมและเครื่องปรับอากาศ 41
ภาพที่ 31 อาคารหอสมุดแห่งชาติ ประเทศสิงค์โปร์ รางวัลรองอันดับหนึ่งระดับอาเซียน ปี 2550 42
ภาพที่ 32 ระยะถอยร่นของอาคาร 43
ภาพที่ 33 มหาวิทยาลัยชินวัตร 48
ภาพที่ 34 การเปลี่ยนแปลงในแต่ละยุคสมัยก่อนการเปลี่ยนแกนความคิด 49
ภาพที่ 35 ตัวแปรทางด้านสภาวะน่าสบาย 51
ภาพที่ 36 การแบ่งโซนพื้นที่ใช้งานให้เหมาะสมกับกิจกรรม 54
ภาพที่ 37 กระบวนการปรับสภาพอากาศโดยใช้การประยุกต์จากการอ่านแผนภูมิไซโครเมตริก 57
ภาพที่ 38 การใช้ประโยชน์จากไม้ยืนต้นและพืชคลุมดิน 59
ภาพที่ 39 การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ 59
ภาพที่ 40 สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม 61
ภาพที่ 41 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม 61
ภาพที่ 42 การลดปริมาณแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ของกระจกสีตัดแสง 62
ภาพที่ 43 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสถาปัตยกรรมและสภาพแวดล้อม 63
ภาพที่ 44 ผลสรุปความสัมพันธ์ระหว่างสถาปัตยกรรมและสภาพแวดล้อม 63
ภาพที่ 45 การใช้พลังงานทดแทน 66
ภาพที่ 46 การใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์ในยุคทุนธรรมชาติ (สุนทร บุญญาธิการ, 2547) 69
ภาพที่ 47 บ้านกลีมกลม (ECO-SPHERE BIOLOGICAL HABITAT) 72
ภาพที่ 48 เปรียบเทียบปริมาณความร้อนผ่านผนังเปลือกอาคาร 77
ภาพที่ 49 การคำนวณภาระการทำความเย็นสูงสุดของเปลือกอาคารยุคอุตสาหกรรม 78
ภาพที่ 50 การคำนวณภาระการทำความเย็นสูงสุดของเปลือกอาคารยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ 80
ภาพที่ 51 การคำนวณภาระการทำความเย็นสูงสุดของเปลือกอาคารยุควิจัยและพัฒนา 82
ภาพที่ 52 การจำลองภาระการทำความเย็นสูงสุดของเปลือกอาคารในแนวทางปฏิวัติแกนความคิด 85

ภาพที่ 53 เปรียบเทียบสัดส่วนงบประมาณก่อสร้างที่ใช้ระหว่างบ้านพักอาศัยทั่วไป (energy consumer) และบ้านผลิตพลังงาน (energy producer) 87
ภาพที่ 54 แสดงเปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย 93
ภาพที่ 55 แสดงการแผ่รังสีความร้อน 93
ภาพที่ 56 แสดงการทำความเย็นที่ใช้พลังงานต่างกันเมื่อประสิทธิภาพสูงขึ้น ผลที่ได้เท่ากัน 94

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบแนวความคิดในแต่ละยุคสมัย การใช้พลังงาน และตัวอย่างสถาปัตยกรรมที่เกิดขึ้นในยุคก่อนและหลังเกิดการเปลี่ยนแกนความคิด 27
ตารางที่ 2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) 45
ตารางที่ 3 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) 46
ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบแนวความคิดในแต่ละยุคสมัย การใช้พลังงาน และตัวอย่างสถาปัตยกรรมที่เกิดขึ้นในยุคก่อน และหลังเกิดการเปลี่ยนแกนความคิด 73
ตารางที่ 5 สรุปการเปรียบเทียบเทคโนโลยีและการปรับเปลี่ยนแกนความคิดทางสถาปัตยกรรม 96

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานต่อปีของอาคารต่างๆ 26
แผนภูมิที่ 2 แสดงการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 28
แผนภูมิที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ 28
แผนภูมิที่ 4 แสดงการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารที่เกิดขึ้นในยุคก่อนเปลี่ยนแกนความคิด 29
แผนภูมิที่ 5 แผนภูมิไบโอไคลเมติก (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 39) 53
แผนภูมิที่ 6 อุณหภูมิและความชื้นของกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2550 เมื่อไม่มีอิทธิพลของลม 55
แผนภูมิที่ 7 แผนภูมิไบโอไคลเมติก หน่วยองศาเซลเซียส (ASHRAE, 2001) 56
แผนภูมิที่ 8 ดัชนีสิ่งมีชีวิตบนโลก (The Living Plannet Index, 1970-2000) 65
แผนภูมิที่ 9 เปรียบทียบค่าใช้จ่ายกับการประหยัดพลังงานหรือทรัพยากร (ดัดแปลงจาก Hawken, Lovins, and Lovins, 1999: 113) 67
แผนภูมิที่ 10 เปรียบเทียบแนวคิดใหม่ของค่าใช้จ่ายกับการประหยัดพลังงานหรือทรัพยากร (ดัดแปลงจาก Hawken, Lovins, and Lovins, 1999: 114) 68
แผนภูมิที่ 11 ปริมาณพลังงานทดแทนที่สามารถนำมาใช้ได้ในอาคารภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย 71
แผนภูมิที่ 12 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคาร 74
แผนภูมิที่ 13 แสดงการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารในแนวทางที่ 1 79
แผนภูมิที่ 14 แสดงการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารในแนวทางที่ 2 81
แผนภูมิที่ 15 แสดงการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารในแนวทางที่ 3 83
แผนภูมิที่ 16 แสดงการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารในปฏิวัติแกนความคิดในแนวทางที่ 4 88
แผนภูมิที่ 17 เปรียบเทียบพลังงานในแต่ละยุคสมัย 89
แผนภูมิที่ 18 แสดงการใช้พลังงานในอาคาร 92
แผนภูมิที่ 19 ตัวอย่างแผนภูมิระดับ (Scale) การใช้พลังงานในยุคต่างๆ 95

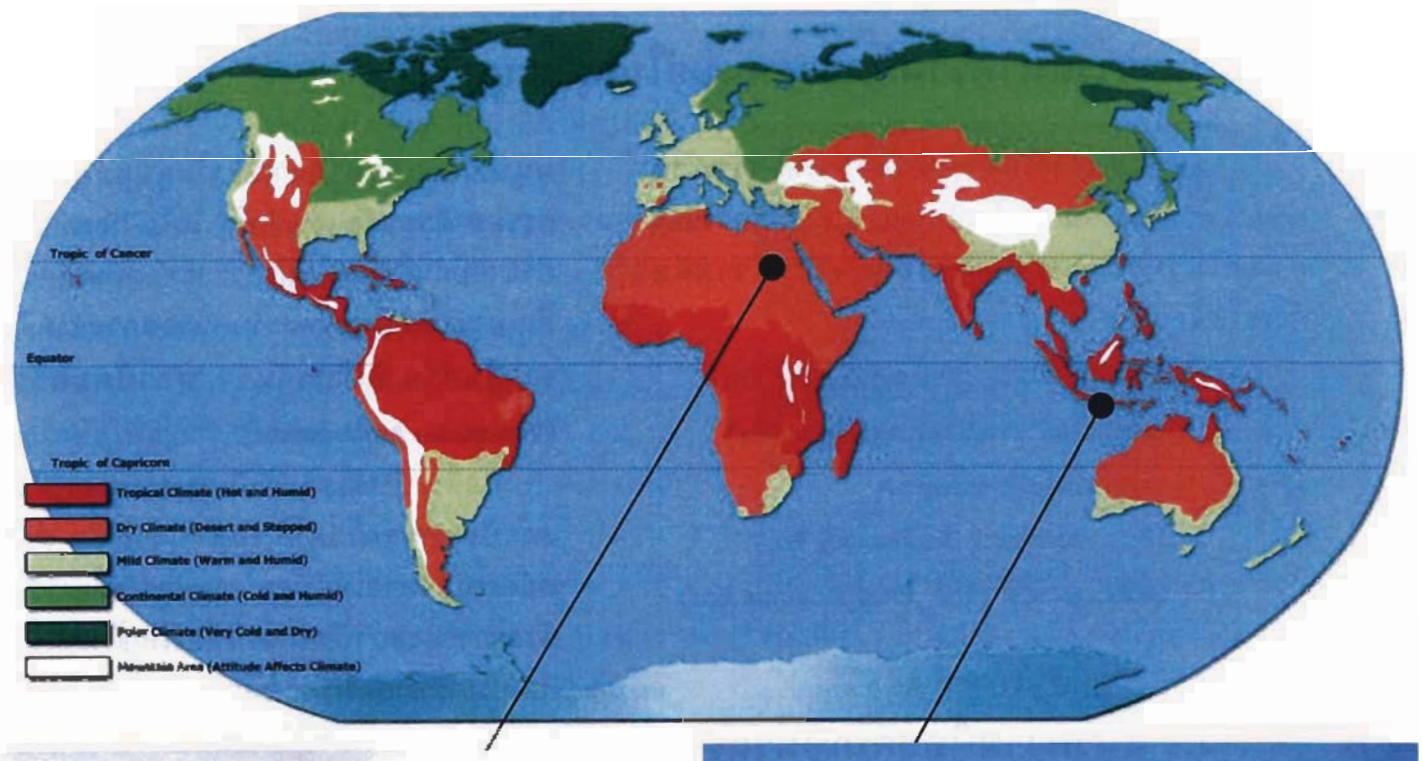
1. ความเป็นมา

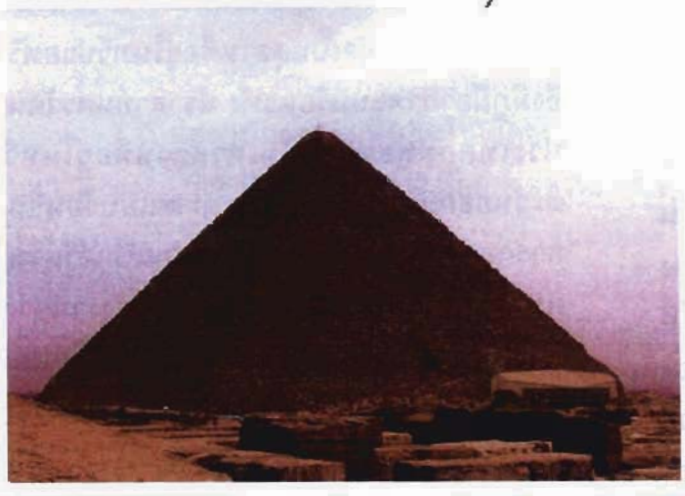
สถาปัตยกรรมถูกคิดค้นมาเพื่อรองรับความต้องการของมนุษย์เป็นเวลาช้านาน นับตั้งแต่มนุษย์สังสมอารยธรรมมาตั้งแต่ยุคโบราณ มนุษย์ได้สร้างสรรค์ที่อยู่อาศัยหรือสถาปัตยกรรมขึ้น ในยุคต่อ ๆ มาได้มีการพัฒนารูปแบบต่าง ๆ หลากหลายตามลำดับขึ้นอยู่กับแนวคิดและเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป จะเห็นได้ว่าสถาปัตยกรรมเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นมาควบคู่กับพัฒนาการในแต่ละยุคโดยไม่เคยละทิ้งและหยุดยั้งความยิ่งใหญ่ มนุษย์พัฒนาเทคโนโลยีจนสามารถสร้างคอมพิวเตอร์ความสามารถสูง อาคารสูงระฟ้า หรือแม้กระทั่งการออกไปสำรวจอวกาศ จวบจนมนุษย์ค้นพบวิกฤติที่สำคัญของมนุษยชาติ ได้แก่ ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม การขาดแคลนพลังงาน รวมทั้งปัญหาโลกร้อน ที่เป็นปัญหาหลักของสังคมโลกในปัจจุบัน

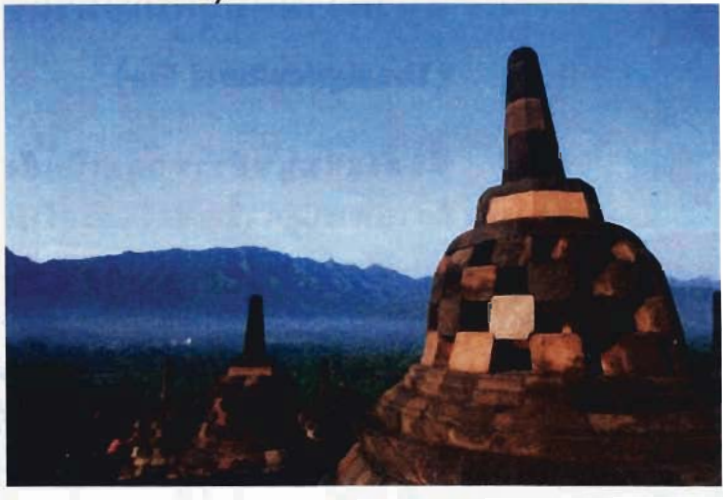
สถาปัตยกรรมมีความสัมพันธ์กับพลังงานอย่างลึกซึ้ง เนื่องด้วย **"วัฏจักรการใช้พลังงานของสถาปัตยกรรม"** นับตั้งแต่แหล่งการได้มาของวัสดุ การผลิตวัสดุ การก่อสร้าง การใช้งานอาคาร การรื้อถอน และการนำกลับมาใช้ใหม่ ล้วนต้องใช้พลังงานทั้งสิ้น การนำพลังงานมาใช้ในการสร้างความสะดวกสบายภายในงานสถาปัตยกรรม ส่งผลให้เกิดการบริโภคพลังงานอย่างมหาศาลในเวลาต่อมาจนถึงปัจจุบัน

แกนความคิด (Paradigm) หรือ *กระบวนทัศน์*[1] ทางสถาปัตยกรรมที่เกี่ยวกับออกแบบอาคารเพื่อสนองวัตถุประสงค์ในการใช้งานต่าง ๆ กำลังถึงจุดเปลี่ยน ที่ไม่ใช่เพียงการเปลี่ยนแปลงธรรมดา แต่จะเป็นการพลิกแกนความคิดทั้งหมดที่มีมาในอดีต การเริ่มต้นพลิกโฉมแกนความคิดทางสถาปัตยกรรมที่กำลังเกิดขึ้นในขณะนี้ ยังเป็นแค่ประกายความคิดจุดเล็ก ๆ ที่ต้องการการขยายผลเพื่อการดำรงอยู่ของมนุษย์และสังคมอย่างยั่งยืน และสร้างการอยู่อาศัยที่เป็นหนึ่งเดียวกับธรรมชาติต่อไป โดยการใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาดและมีการบูรณาการที่สมบูรณ์

[1] คำว่า กระบวนทัศน์ ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า paradigm (อ่านว่า พา-รา-ไดม์) หมายถึง กรอบความคิดหรือแนวทางทั่วไปที่ใช้ในการมองโลก หรือหมายถึง ระบบคิด วิธีคิด หรือแบบของการคิดที่ใช้เป็นแนวในการศึกษาวิจัยเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือเป็นแนวในการจัดระบบในสังคม (ราชบัณฑิตยสถาน, 2550)







ภาพที่ 1 (ก) พีระมิดในประเทศอียิปต์ ภาพโดย : สริธร อมรจารุชิต

(ข) บูโรพุทโธในประเทศอินโดนีเซีย ช่วงยุคเกษตรกรรม ภาพโดย : ไตรลักษณ์ เลิศนิรัตกุล

2. พัฒนาการแนวความคิดของมนุษย์ในแต่ละยุค

ความแตกต่างในการใช้พลังงานเพื่อสร้างงานต่าง ๆ ผ่านแรงงาน สามารถแบ่งตามพัฒนาการของมนุษย์ในแต่ละยุคสมัย ก่อนเปลี่ยนแกนความคิดดังต่อไปนี้

- ยุคเกษตรกรรม (The Agricultural Era)
- ยุคอุตสาหกรรม (The Industrial Era)
- ยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ (The Information Technology Era)
- ยุคสิ่งแวดล้อม (The Environmental Era)

2.1 แนวความคิดยุคเกษตรกรรม (The Agricultural Era)

นับตั้งแต่มนุษย์รวมกลุ่มเป็นสังคมเกษตรกรรม มีการเพาะปลูก เลี้ยงสัตว์ และสร้างบ้านเพื่ออยู่อาศัย มนุษย์ยังคงอาศัยอยู่ร่วมกับธรรมชาติเนื่องเพราะภูมิปัญญาและการสะสมองค์ความรู้ของมนุษย์ที่จะเอาชนะธรรมชาติยังพัฒนาไปไม่ถึง มนุษย์จึงจำต้องยอมรับพลังอันยิ่งใหญ่แห่งธรรมชาติและพยายามที่จะ "อยู่ร่วม" และ "อยู่รอด" ในธรรมชาติให้ได้เพื่อการดำรงอยู่และสืบเผ่าพันธุ์ มนุษย์ได้แสวงหาวิธีในการสรรค์สร้างสถานที่กำบังอันปลอดภัยจากภัยธรรมชาติ (Shelter = Climate Modifier) เพื่อการดำรงอยู่ของเผ่าพันธุ์ตามระดับของภูมิปัญญาที่มี จึงเกิดวิวัฒนาการของสถาปัตยกรรมตามระดับพัฒนาการของภูมิปัญญามนุษย์ อันเริ่มจากการนำวัสดุปฐมภูมิที่หาได้จากธรรมชาติรอบตัว เช่น กิ่งไม้ ใบไม้ ก้อนหินเป็นต้น มาประกอบกันขึ้นและได้มีการถ่ายทอดเทคนิคและรูปแบบที่เหมาะสมกันในแต่ละบริบทหรือสภาพแวดล้อมรอบตัวจากรุ่นสู่รุ่น ที่เรียกกันว่า "**สถาปัตยกรรมพื้นถิ่น (Vernacular Architecture)**"

พลังงานที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานทางสถาปัตยกรรมในยุคเกษตรกรรมนั้น ล้วนมาจากพลังงานอาหารให้กับคน และสัตว์ที่เลี้ยงไว้ใช้แรงงาน ตัวอย่างของสถาปัตยกรรมที่ยิ่งใหญ่ในยุคนี้หลงเหลือเป็นประวัติศาสตร์โบราณสถานในปัจจุบัน ส่วนใหญ่เป็นสุสาน เทวสถาน หรือศาสนสถาน เช่น พีระมิดในประเทศอียิปต์ จัดเป็นสุสานที่อยู่ในทวีปแอฟริกาเหนือซึ่งมีภูมิอากาศแบบร้อนแห้ง ปราสาทนครวัดนครธมในประเทศกัมพูชา จัดเป็นเทวสถานที่อยู่ในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น เป็นต้น การก่อสร้างเกิดจากการใช้แรงงานเป็นจำนวนมากจากคนและสัตว์ โดยผู้ที่ควบคุมแหล่งพลังงานจากผลผลิตทางการเกษตรก็จะมีอำนาจควบคุมแรงงานเพื่อใช้ในการก่อสร้างด้วยเช่นกัน ซึ่งก็คือชนชั้นนำของสังคม ได้แก่ กษัตริย์ และขุนนางชั้นผู้ใหญ่

2.1.1 สถาปัตยกรรมพื้นถิ่น

สถาปัตยกรรมในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลกเกิดจากการเรียนรู้ของมนุษย์ที่จะอยู่ร่วมกับธรรมชาติในสมัยแรกเริ่มของยุคเกษตรกรรม ก่อให้เกิดสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นของแต่ละภูมิภาคที่สร้างสรรค์ที่พักอาศัยที่เหมาะสมต่อสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศในเขตนั้น ๆ โดยมีความต้องการเบื้องต้นเพียงเพื่อสร้างที่อยู่อาศัยให้สามารถใช้ชีวิตอยู่รอด (Survive) ผ่านฤดูกาลต่าง ๆ ด้วยการเลือกใช้วัสดุพื้นถิ่นที่เหมาะสม เช่น การสร้างกระท่อมน้ำแข็งของชาวเอสกิโมในภูมิอากาศเขตหนาวโดยใช้น้ำแข็งเป็นวัสดุก่อสร้าง การสร้างกระโจมของชาวมองโกลในภูมิอากาศแบบหนาวแห้ง หรือเขตทะเลทราย โดยใช้หนังสัตว์ หรือผ้าเนื้อหนาเป็นวัสดุก่อสร้าง เป็นต้น

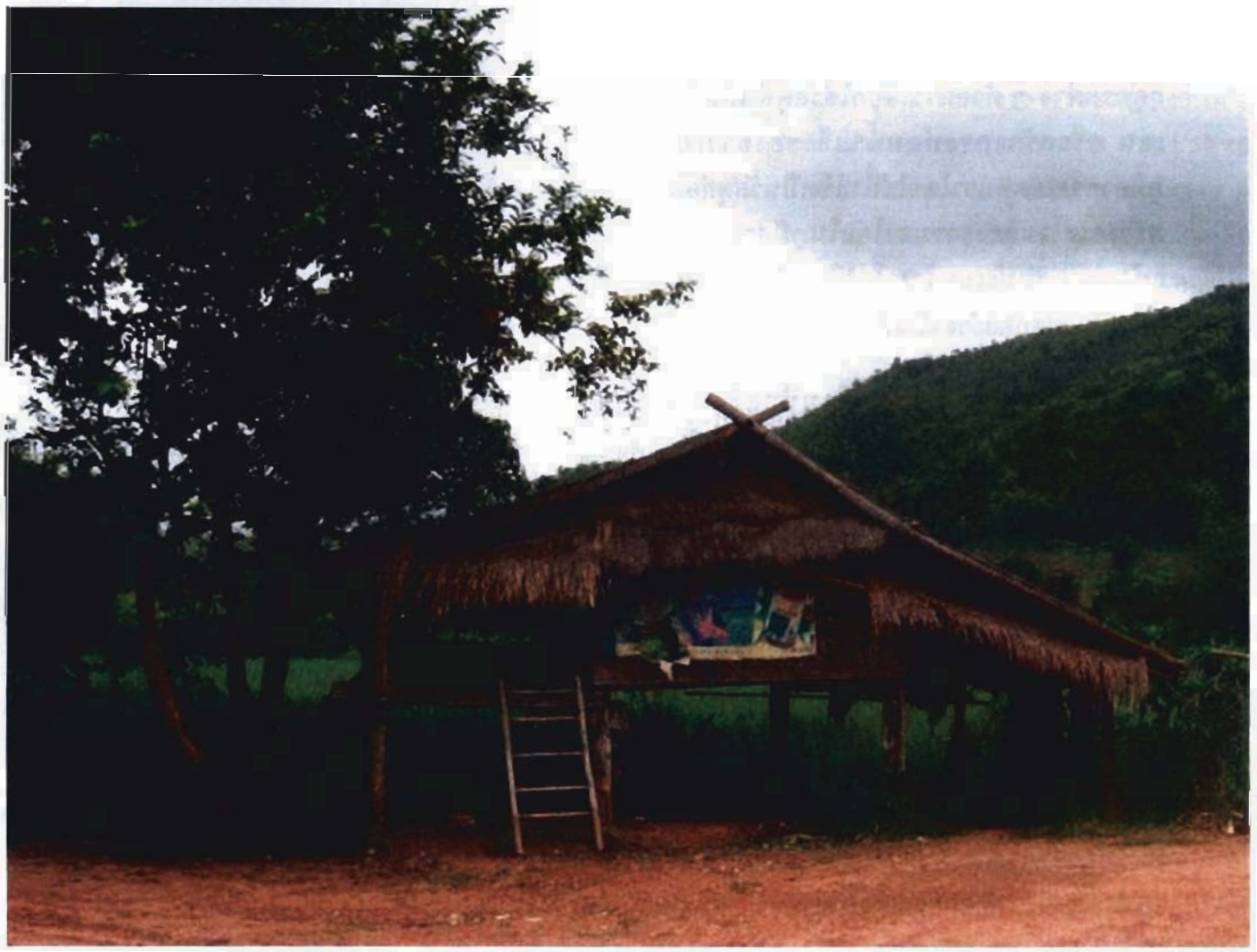
ภาพที่ 2 กระท่อมน้ำแข็ง หรืออิกลู (Igloo) ในเขตอากาศแบบหนาว

กระท่อมน้ำแข็ง หรือ อิกลู (Igloo) เป็นสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นในเขตอากาศแบบหนาว (cool area) ที่สร้างขึ้นเพื่ออยู่รอดในสภาพอากาศที่หนาวจัด อาคารคล้ายรูปครึ่งทรงกลมช่วยลดการต้านแรงลมและใช้ประโยชน์จากค่าความเป็นฉนวนของหิมะที่อยู่รายล้อม ก้อนน้ำแข็งที่นำมาวางเรียงประกอบกันทำให้เกิดขอบน้ำแข็งเรียบของผิวภายในช่วยสร้างประสิทธิภาพการอุดรอยรั่วของอากาศ รวมทั้งท่อทางออกยังอยู่ในทิศทางที่สามารถป้องกันลมหนาวและปกป้องไม่ให้ความอบอุ่นภายในสูญเสียไป โครงสร้างของอิกลูสามารถกักเก็บความร้อนไว้ภายในอาคารได้ถึง 15.6 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกติดลบถึง 10 องศาเซลเซียส (Olgyay, 1973)

ภาพที่ 3 กระโจมของชาวมองโกล ในเขตอากาศแบบหนาวแห้ง หรือเขตทะเลทราย

2.1.2 สถาปัตยกรรมพื้นถิ่นในประเทศไทย

สถาปัตยกรรมพื้นถิ่นในประเทศไทยเป็นตัวอย่างหนึ่งของสถาปัตยกรรมในเขตอากาศแบบร้อน-ชื้น (Hot-humid area) เริ่มต้นจากการตั้งถิ่นฐานชั่วคราวจึงใช้วัสดุที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น ไม้ไผ่ หญ้าคา มาประกอบเป็นกระท่อมอย่างง่าย รูปแบบไม่ซับซ้อน ใช้การผูกยึดโครงสร้างด้วยตอก หวาย หรือที่เรียกว่า "เรือนเครื่องผูก" จัดเป็น "สถาปัตยกรรมพื้นถิ่นไทย (Vernacular Thai Architecture)"



ภาพที่ 4 กระท่อมริมทุ่งนาในอำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย ภาพโดย : ชญาณิน จิตรานุเคราะห์

ภาพที่ 5 เรือนไทย

ต่อมาเมื่อบรรพบุรุษไทยสะสมภูมิปัญญาอันเกิดจากการเรียนรู้ การสั่งสมและการพัฒนา ทำให้รูปแบบสถาปัตยกรรมมีวิวัฒนาการที่ซับซ้อนมากขึ้น ทำให้เกิดที่อยู่อาศัยถาวร หรือที่เรียกว่า "เรือนเครื่องสับ" ที่เพิ่มความคงทนแข็งแรงและสามารถปกป้องผู้อยู่อาศัยจากภัยรอบตัวได้ดียิ่งขึ้น เกิดเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวตามสภาพแวดล้อม จัดเป็น "สถาปัตยกรรมไทย (Traditional Thai Architecture)" ต่อมาเมื่อสุนทรียภาพในจิตวิญญาณมีความละเมียดละไมมากขึ้น ทำให้เกิดการสอดแทรกความปราณีตละเอียดอ่อนของศิลปวัฒนธรรมในงานสถาปัตยกรรม เกิดเป็นรูปลักษณ์ที่สื่อความหมายที่ลึกซึ้ง โดยมีการจัดองค์ประกอบ การงานศิลป์ที่วิจิตร จากการใช้วัสดุตกแต่งประดับอาคาร เช่น กระเบื้องดินเผาเคลือบ ทองคำ กระจกสี เป็นต้น ดังตัวอย่างจาก โบสถ์ วิหาร และพระราชวัง บ่งบอกถึงระดับอารยธรรมของชนชาติไทย จัดเป็น "สถาปัตยกรรมไทยประเพณี (Classical Thai Architecture)"

ภาพที่ ๖ พระที่นั่งไอศวรรย์ทิพยอาสน์ ภายในพระราชวังบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ภาพโดย : ชญาณิน จิตรานุเคราะห์

ผลการวิจัยของ ชญาณิน จิตรานุเคราะห์ (2550) พบว่า ภูมิปัญญาในการออกแบบสถาปัตยกรรมไทยในอดีตมีความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในเขตร้อนชื้น ที่เกิดจากการใช้สามัญสำนึกผ่านการลองผิดลองถูกเกิดเป็นภูมิปัญญาไทยในการสร้าง "ความร่มเย็นเป็นสุข" ให้กับอาคาร เช่น การสร้างหลังคา ชายคาบังแดด การเลือกวัสดุที่ไม่สะสมความร้อนทำให้เกิดพื้นผิวที่เย็น การสร้างความโปร่งโล่งให้ลมพัดผ่านพาความเย็นจากการระเหยของผืนน้ำ พืชพรรณไม้ เป็นต้น การปรุงแต่งทั้งกิจกรรมและการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมให้เกิด "การเย็นภายเย็นใจ" เช่น การดื่มน้ำเย็นจากโอ่งดินเผาไม่เคลือบ การใช้ขันน้ำโลหะ การอาบน้ำประแป้ง การใส่เสื้อผ้าแบบหลวมๆโดยใช้ผืนผ้าพันกาย การใช้พัด การรับประทานอาหารรสจัดที่ช่วยขับเหงื่อ เป็นต้น

ภาพที่ 7 ยุคอุตสาหกรรม

2.2 แนวความคิดยุคอุตสาหกรรม (The Industrial Era)

การพัฒนาเทคโนโลยีได้ถือกำเนิดขึ้นจากความพยายามเอาชนะธรรมชาติของมนุษย์ โดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มนุษย์เริ่มรู้จักใช้ความร้อนจากการเผาไหม้โดยใช้เชื้อเพลิงเป็นแหล่งพลังงานจากไม้ ถ่านหิน เพื่อสร้างพลังงานไอน้ำให้กับเครื่องจักรไอน้ำในยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม โดยเฉพาะการพัฒนาพลังงานจากน้ำมันจนทำให้เครื่องจักรเข้ามามีบทบาทในชีวิตมนุษย์แทนที่แรงงานคนและสัตว์ เกิดการทำงานในทฤษฎี "แบ่งงานกันทำตามความถนัด (Division of Labors)" ที่มุ่งผลิตมนุษย์ให้เป็น "ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง (Specialist)" เพื่อควบคุมเครื่องจักรและหุ่นยนต์

การปฏิวัติอุตสาหกรรมในยุโรปส่งผลให้มนุษย์เริ่มแยกตัวเองออกจากธรรมชาติ แสวงหาหนทางเอาชนะธรรมชาติเพื่อสร้างความยิ่งใหญ่ การเพิ่มจำนวนของประชากรและการขยายตัวของเมืองทำให้เกิดการแข่งขันช่วงชิงอำนาจทางการเมืองและเศรษฐกิจเพื่อความอยู่รอด ทำให้เกิดการล่าอาณานิคมเพื่อครอบครองแหล่งพลังงานและทรัพยากรเพิ่มพื้นที่อยู่อาศัยและเพิ่มพื้นที่การผลิต

2.2.1 สถาปัตยกรรมยุคอุตสาหกรรม

การใช้แรงงานจากเครื่องจักรในระบบอุตสาหกรรมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถาปัตยกรรม เนื่องจากการพัฒนาเป็นวัสดุสังเคราะห์ในยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมยกตัวอย่าง เช่น เหล็ก คอนกรีต และกระจก ทำให้การก่อสร้างสามารถสร้างอาคารสิ่งปลูกสร้างที่มีขนาดใหญ่สามารถก่อสร้างในพื้นที่ต่างๆได้ตามความต้องการของมนุษย์รวมถึงการปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อมธรรมชาติเช่นเปลี่ยนทางน้ำ ขุดคลอง สร้างเขื่อน ระเบิดภูเขา การสร้างอาคารขนาดใหญ่ เริ่มต้นจาก อาคารนิทรรศการคริสตัลพาเลซ ที่ใช้เหล็กเป็นโครงสร้างและใช้กระจกเป็นผนังภายนอก และหอไอเฟล เป็นต้น

ภาพที่ ๑ หอไอเฟลในประเทศฝรั่งเศส ภาพโดย : สุธีวัน โล่ห์สุวรรณ

ภาพที่ 9 กลุ่มอาคารในมหานครนิวยอร์ค สหรัฐอเมริกา ภาพโดย : วรวุฒิ ศิริรัชฎะ

การพัฒนาเครื่องจักรและวัสดุก่อสร้างด้วยระบบอุตสาหกรรม ทำให้การสร้างสรรค์สถาปัตยกรรมมุ่งไปสู่การท้าทายธรรมชาติจากการก่อสร้างด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยและการใช้วัสดุสังเคราะห์รูปแบบใหม่ ก่อให้เกิดอาคารขนาดใหญ่และ อาคารสูงเพิ่มขึ้นในเมืองสำคัญต่าง ๆ ในประเทศแถบยุโรป และสหรัฐอเมริกา ตัวอย่างของสถาปัตยกรรมในยุคอุตสาหกรรม ได้แก่ อาคารซีแกรม และอาคารเอ็มไพรสเตรด ในมหานครนิวยอร์ค สหรัฐอเมริกา

เมืองต่างๆ จึงมีความเจริญทางกายภาพมากขึ้น ความหนาแน่นมากขึ้น พร้อมกับความสะดวกสบายจากสิ่งอำนวยความสะดวกของระบบสาธารณูปโภค เช่น รถยนต์ โทรศัพท์ เตาแก๊ส เครื่องทำความร้อน ระบบปรับอากาศ เป็นต้น ซึ่งมีความต้องการแหล่งพลังงานที่สูงและมีปริมาณมาก

2.2.2 สถาปัตยกรรมยุคอุตสาหกรรมในประเทศไทย

สถาปัตยกรรมยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมในประเทศไทยเกิดจากการได้รับอิทธิพลจากอารยธรรมตะวันตก ก่อให้เกิดการพัฒนาประเทศให้ก้าวหน้าทัดเทียมกับประเทศอุตสาหกรรมที่ถือว่าเป็นอารยประเทศเพื่อรักษาเอกราชของชาติ บ้านเมืองมีการเติบโตและขยายตัวอย่างรวดเร็วตั้งแต่สมัยพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 4 แห่งกรุงรัตนโกสินทร์ มีการพัฒนาเมืองสมัยใหม่ด้วยการขยายและปรับผังเมืองแบบชาติยุโรปตะวันตกการสร้างถนนสายสำคัญผ่านย่านการค้าของชุมชนชาวจีนและยุโรปในกรุงเทพมหานคร ในขณะเดียวกันรูปแบบสถาปัตยกรรมในไทยเริ่มเปลี่ยนจากเรือนไม้ เรือนริมน้ำเป็นสถาปัตยกรรมที่ผสมผสานระหว่างไทย จีน ตะวันตก โดยการใช้วัสดุที่พัฒนาขึ้นจากระบบอุตสาหกรรมการสร้างตึกแถวริมถนนมากขึ้น จัดเป็น "สถาปัตยกรรมลอกเลียนแบบตะวันตก (Western Duplicated Architecture)

ภาพที่ 10 ตึกแถวรูปแบบชิโนโปรตุเกสริมถนนอัษฎางค์ เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร ภาพโดย : ชญาณิน จิตรานุเคราะห์

สถาปัตยกรรมยุคอุตสาหกรรมในประเทศไทย ถือเป็น "สถาปัตยกรรมไทยร่วมสมัย (Contemporary Thai Architecture)" ซึ่งเป็นยุคแห่งการผสมผสานของงานสถาปัตยกรรมอันเกิดจากการแผ่ขยายอิทธิพลทางเศรษฐกิจและ *เทคโนโลยีของประเทศมหาอำนาจประเทศยุโรปตะวันตก*[2] จากแรงกดดันทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะเงื่อนไขด้านงบประมาณและด้านเวลาที่มีอย่างจำกัด จึงเกิดการนำเข้าวัสดุและเทคโนโลยีการก่อสร้างอาคารจากต่างประเทศโดยไม่ได้คำนึงและศึกษาถึงความแตกต่างของสภาพแวดล้อม เป็นยุคที่งานสถาปัตยกรรมเกิด ทำให้สถาปัตยกรรมของไทยในยุคนี้เต็มไปด้วยความเร่งรีบและการลดต้นทุน รวมทั้งการขาดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งของสถาปนิกและวิศวกรที่ส่วนใหญ่ได้รับการศึกษาจากประเทศตะวันตก ซึ่งหล่อหลอมให้มนุษย์ทำงานอยู่ในกรอบในระบบถูกจำกัดความคิดในการสร้างสรรค์และจินตนาการ ตามพัฒนาการในยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม การสร้างผลงานจึงใช้และการประเมินเหมือน ๆ กัน ตามสิ่งที่เรียนรู้มาในระบอบตะวันตก โดยขาดการคิดค้นสิ่งที่แตกต่างหรือพัฒนาให้เหมาะสมกับสภาพบ้านเมืองของตน

ภาพที่ 11 อาคารสิ่งปลูกสร้างและสถาปัตยกรรมไทยร่วมสมัยในเขตกรุงเทพมหานคร

[2] เทคโนโลยีจากประเทศยุโรปตะวันตก เป็นเทคโนโลยีที่ส่วนมากมีพื้นฐานการพัฒนาจากลักษณะภูมิอากาศในเขตหนาวแห้ง ซึ่งมีความแตกต่างอย่างสิ้นเชิงจากสภาพภูมิอากาศในเขตร้อนชื้น ของประเทศไทย (สุนทร บุญญาธิการ, 2549: 5)

ภาพที่ 12 พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ

2.3 แนวความคิดยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ (The Information Technology Era)

ยุคเทคโนโลยีสารสนเทศเกิดขึ้นเมื่อมนุษย์พัฒนาการใช้เทคโนโลยีการควบคุมการทำงานและฐานข้อมูลจากระบบคอมพิวเตอร์ในการติดต่อสื่อสาร การทำงาน และการควบคุมเครื่องจักรต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตตามต้องการ การใช้ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการพลังงานไฟฟ้าแทนที่แรงงานและพลังงานโดยตรงจาก Fossil พลังงานไฟฟ้าระบบการติดต่อแบบไร้สาย เช่น ดาวเทียม รวมทั้งระบบอินเตอร์เน็ต ระบบดิจิตอล เครื่องมอเตอร์ไฟฟ้า และระบบกลายเป็นแรงงานในการขับเคลื่อน เช่น เครื่องปั่นไฟ หลอดไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ เครื่องไมโครเวฟ เตาไฟฟ้า เตารีด ภายในอาคาร พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ผลิตจากการเผาไหม้ของแหล่งพลังงานถ่านหิน นิวเคลียร์ น้ำมัน เมื่อมีการใช้ไฟฟ้าอย่างแพร่หลายจึงเกิดความต้องการด้านพลังงานตามมาเป็นอย่างมาก สาเหตุนี้เองที่เป็นจุดเริ่มต้นของวิกฤตด้านพลังงาน และปัญหาโลกร้อนที่ทุกประเทศกำลังประสบอยู่ วัสดุก่อสร้างยุคเทคโนโลยีสารสนเทศมีคุณสมบัติที่ดีและประสิทธิภาพสูงด้านความแข็งแรง การยืดอายุวัสดุ ความทนทาน น้ำหนักเบา ราคาวัสดุต่ำ ก่อสร้างรวดเร็ว สถาปัตยกรรมในยุคนี้จึงเป็นอาคารที่ใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System; BAS) เช่น สำนักงานใหญ่และสถานีโทรทัศน์ CCTV ในกรุงปักกิ่ง ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน อาคารอับดุลราฮิม ในประเทศไทย หรือเป็นอาคารที่ใช้ระบบควบคุมอาคารอัจฉริยะ (Building Information System; BIS) เช่น ธนาคารฮ่องกงและเซียงไฮ้ เป็นต้น

ภาพที่ 13 อาคารสำนักงานในกรุงปักกิ่ง ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ใช้วัสดุก่อสร้างที่มีคุณสมบัติที่ดีและประสิทธิภาพสูง พร้อมกับระบบเทคโนโลยีสารสนเทศของระบบอาคารและ การใช้งานของผู้ใช้อาคาร

2.6 เปรียบเทียบแนวความคิดแต่ละยุคสมัย

ยุคที่ 1 ยุคการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีคุณภาพสูงโดยสถาปนิกชั้นนำ (Architectural Best Practice)

แนวความคิดหลักที่ในการออกแบบอาคารในยุคนี้ คือ

- คำนึงถึงทิศทางการวางอาคาร (Orientation)
- ใช้แผงและอุปกรณ์บังแดด (Shading Device)
- ใช้กระจกที่มีค่า SC ต่ำ (Reducing Shading Coefficient)

ยังมีปัจจัยหลายประการที่สถาปนิกในยุคนี้ยังไม่ได้นำมาใช้ในการออกแบบ ซึ่งอาคารในยุคนี้ก็จะมีความสวยงามภายนอกควบคู่ไปกับความพยายามในการประหยัดพลังงาน ผลที่ได้รับก็คือ อัตราการใช้พลังงานลดลง แต่ก็ยังคงสูงอยู่มาก รวมทั้งยังไม่คำนึงถึงสภาวะน่าสบายของผู้ใช้อาคาร จึงทำให้อาคารในยุคนี้ ยังไม่สามารถเป็นต้นแบบของอาคารประหยัดพลังงานได้ กลุ่มอาคารต่างๆ ที่ได้รางวัลจากสมาคมวิชาชีพต่างๆ เป็นตัวอย่างและต้นแบบของยุคนี้

ยุคที่ 2 ยุคการสนับสนุนและให้รางวัลโดยภาครัฐและนานาชาติ (Energy Awards)

เมื่อกลุ่มสถาปนิกให้ความสำคัญกับการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน ภาครัฐจึงเริ่มตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงาน การรณรงค์เป็นทางหนึ่งของภาครัฐ คือ การมอบรางวัลให้กับอาคารที่มีการอนุรักษ์พลังงานดีเด่นทั้งในระดับประเทศและระดับนานาชาติ โดยเริ่มมีบทบาทด้วยปัจจัยหลายด้านที่เกิดขึ้น

- อาคารขนาดใหญ่มีการก่อสร้างเพิ่มขึ้นมาก ในช่วงก่อนปี พ.ศ.2535
- การใช้พลังงานของประเทศเพิ่มสูงอย่างต่อเนื่อง
- ปัญหาสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

การกำหนดกฎหมายควบคุมต่างๆ การใช้พลังงานในอาคาร ทำให้การใช้พลังงานในอาคารลดลงกว่าอาคารในยุคก่อน คือ พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 มีข้อกำหนดเบื้องต้น ดังนี้

- OTTV 45 วัตต์ต่อตารางเมตร
- RTTV 25 วัตต์ต่อตารางเมตร
- Lighting 16 วัตต์ต่อตารางเมตร
- Equipment 1/COP = 10.6 เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5

2.4 แนวคิดยุควิจัยและพัฒนา (Research and Development Era)

กฎหมายพลังงานและความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการลดค่าใช้จ่าย ด้านพลังงานในอาคาร มีอิทธิพลอย่างมากต่อการศึกษาวิจัย เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ในเชิงนวัตกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การส่งเสริมด้วยการให้รางวัลต่างๆ การวิจัยศึกษาตั้งแต่สภาพแวดล้อม วัสดุก่อสร้าง รูปทรงอาคาร ประสิทธิภาพเครื่องจักร ระบบควบคุม เทคนิคการก่อสร้าง พฤติกรรมผู้ใช้อาคาร จนถึงแหล่งพลังงานทดแทน งานวิจัยบางส่วนยังเสนอดัชนีชี้วัด และจุดอ้างอิง เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพของอาคารที่มีความหลากหลายของตัวแปร เช่น จำนวนพลังงานที่ใช้ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร ความสว่างบริเวณพื้นที่ใช้งาน เป็นต้น อาคารที่ออกแบบและคำนวนค่าการใช้พลังงาน เมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จและเปิดใช้อาคารแล้ว ตัวเลขที่เกิดขึ้นจริงอาจมากขึ้นหรือลดลงตามตัวแปรต่างๆ ทั้งที่ควบคุมได้และควบคุมไม่ได้ โดยเฉพาะช่วงการก่อสร้างและการติดตั้งระบบอาคาร หรือพฤติกรรมผู้ใช้อาคารที่แตกต่างไปจากโปรแกรมการออกแบบ

2.5 แนวคิดยุคสิ่งแวดล้อม (The Environmental Era)

ผลการพัฒนา เทคโนโลยีด้านอุตสาหกรรม และเทคโนโลยีสารสนเทศจึงเกิดวิกฤตพลังงานและสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป ตั้งแต่การขาดแคลนน้ำมัน Oil Embargo (1973) การทำลายชั้นบรรยากาศของก๊าซโอโซน บรรยากาศของโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้น้ำแข็งบริเวณขั้วโลกละลายและระดับน้ำทะเลสูงขึ้น เหตุการณ์ต่างๆทำให้ผู้ออกแบบอาคารคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม โดยพยายามศึกษาเรียนรู้ ทดลองนำพลังงานทดแทน เพื่อลดอัตราการใช้พลังงานในอาคาร การใช้เซลแสงอาทิตย์เพื่อใช้ทดแทนการใช้กระแสไฟฟ้าบางส่วนการใช้พลังงานกังหันลมในอาคารสูง เพื่อผลิตไฟฟ้า การใช้ต้นไม้เพื่อลดความร้อนบริเวณอาคารผังอาคาร หรือระเบียงอาคาร

กลุ่มอาคารที่ได้รับรางวัล ได้แก่ อาคารสำนักงาน EGO Building บ้านประหยัดพลังงาน มหาวิทยาลัยชินวัตร อาคารคิวเฮาส์ สาธร อาคารคิวเฮาส์ เพลินจิต อาคารเซ็นเตอร์พอยท์ 2 อาคารเซ็นเตอร์พอยท์ หลังสวนโรงแรมแพนนินซูล่า โรงแรมปาร์คนายเลิศ บิ๊กซีซุปเปอร์ เพชรบุรี ธนาคารทหารไทย สำนักงานใหญ่ ศูนย์ฝึกอบรมธนาคารกรุงไทย เขาใหญ่ อาคารห้องสมุดแห่งชาติ ประเทศสิงคโปร์ เป็นต้น

ยุคที่ 3 ยุคการวิจัยและพัฒนาเชิงบูรณาการด้านการประหยัดพลังงาน

(Research and Development in Energy Integration)

เมื่อภาครัฐและภาคเอกชนสนใจประเด็นการอนุรักษ์พลังงานกันมากขึ้น ในยุคต่อมาจึงจัดได้ว่าเป็นยุคของการวิจัยและพัฒนางานด้านการออกแบบเพื่ออนุรักษ์พลังงานอย่างเต็มตัว ซึ่งเป็นการนำงานวิจัยมาผสมผสานกับการออกแบบอาคารเพื่อประหยัดพลังงาน มีตัวแปรต่างดังนี้

- การพัฒนาศักยภาพของผู้ออกแบบ
- เข้าใจตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้อง
- ใช้ศักยภาพจากสภาพแวดล้อม
- พัฒนาวัสดุก่อสร้างคุณภาพสูง
- รวมทั้งการคำนึงถึงคุณภาพชีวิตที่ดีของผู้ใช้อาคาร

แนวคิดในการออกแบบอาคาร ยุคนี้ประกอบด้วย การคำนึงถึงพฤติกรรมการใช้งานในอาคาร การแบ่งพื้นที่ใช้สอยในอาคารออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ Passive zone, Semi-passive zone และ Control zoneโดยการออกแบบใช้ผลการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ของการใช้ตัวแปรทางด้านสภาวะน่าสบายทั้ง 6 ตัวแปรมาใช้ในการออกแบบอาคาร ได้แก่

1. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)
2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
3. อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature, MRT)
4. ความเร็วลม (Air Velocity)
5. เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo-Value)
6. อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolism Rate)

นอกจากนี้ผู้ออกแบบยังใช้ระบบและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงต่างๆ ตามความเหมาะสมกับประเภทอาคาร ได้แก่

- ระบบเครื่องทำความเย็นประสิทธิภาพสูง COP > 5.0
- ระบบคลังน้ำแข็ง (ice storage) เพื่อลดขนาดเครื่องทำน้ำเย็นและความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดได้ประมาณ 40%
- ระบบส่งจ่ายลมเย็นอุณหภูมิต่ำ ($7^{\circ}C$) เพื่อปริมาณจากหัวจ่าย ทำให้ขนาดของลม ขนาดท่อและอุปกรณ์มีขนาดลดลง 50%

ตัวอย่างของอาคารในยุคนี้ ได้แก่ อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รังสิต คลอง 5 อาคารหน่วยบัญชาการทหารพัฒนา บ้านประหยัดพลังงาน อาคารศูนย์ราชการ แจ้งวัฒนะ เป็นต้น

ภาพที่ 14 ตัวอย่างผลงานอาคารของยุคที่ 2 อาคารสำนักงานเอ็กโก้ (EGO Headquarter)
รางวัลรองอันดับหนึ่งระดับอาเซียน ปี 2543

ภาพที่ 15 ภาพตัวอย่างผลงานอาคารของยุคที่ 3 อาคารมหาวิทยาลัยชินวัตร (Shinawatra University)
รางวัลอันดับหนึ่งอาเซียน ปี พ.ศ.2546

ภาพที่ 16 ตัวอย่างผลงานอาคารยุคที่ 3 อาคารศูนย์ราชการ แจ้งวัฒนะ ปี พ.ศ.2551

ยุคที่ 4 ยุคการปฏิวัติแกนความคิดการออกแบบสถาปัตยกรรมหนทางแห่งความยั่งยืน

(Paradigm Shift in Architectural Design for Sustainable Solution)

ยุคนี้ถือว่าเป็นยุคสำคัญที่แกนความคิด (Paradigm) ของการออกแบบที่อยู่อาศัยได้เปลี่ยนแปลงแนวทางไปในทางที่พัฒนาขึ้นจากเดิมอย่างมาก ซึ่งเป็นจุดเปลี่ยนที่สำคัญของมนุษยชาติ ยุคที่ 1 ถึงยุคที่ 3 ผู้ออกแบบอาคาร คำนึงการสร้างความสบายและตอบสนองความต้องการใช้งานของอาคารเป็นหลัก ประกอบกับการลดต้นทุนด้านการก่อสร้าง พลังงานและค่าใช้จ่ายต่างๆ จึงเป็นกระบวนการของ ***"แกนความคิด (Paradigm)"*** ที่ ***"ต้องการใช้ให้น้อยลง"*** ในระบบรวมอาคารที่สร้างขึ้นยังต้องใช้พลังงานและอยู่นั่นเองแต่ยุคที่ 4 ผู้ออกแบบเปลี่ยนแกนความคิดจากการใช้พลังงานและให้น้อยลงเป็น ***"การผลิตพลังงานและทรัพยากร"*** ดังนั้นอาคารในยุคที่ 4 นี้ผู้ออกแบบจำเป็นต้องปรับวิธีการออกแบบโดยนำแหล่งพลังงานและแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่มีอัตราผลผลิตที่สั้นกว่าอัตราการบริโภคของอาคาร ตัวอย่างวิธีการออกแบบ ได้แก่

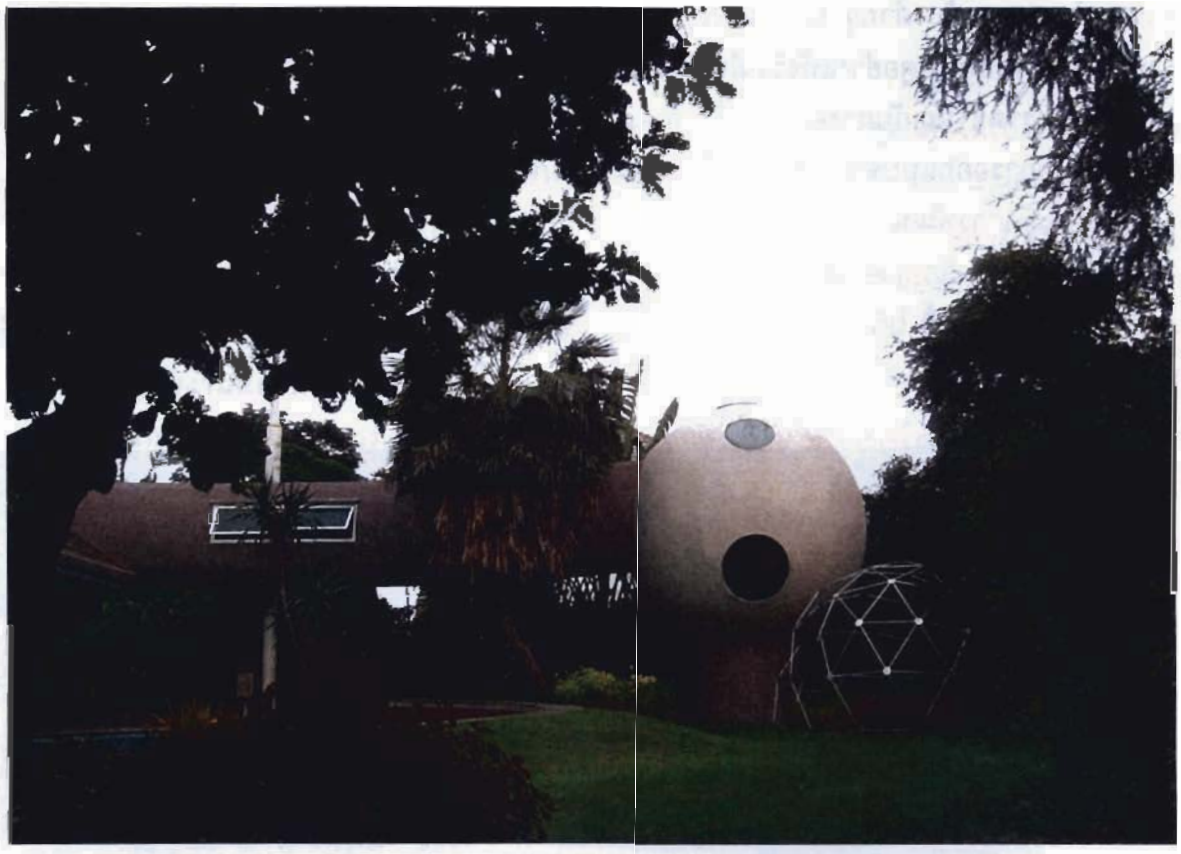
1. การผลิตพลังงานกระแสไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาหรือผนังอาคารต้องมากกว่าอัตราการใช้ของกิจกรรมและระบบเครื่องจักรของอาคารทั้งหมดจึงมีพลังงานเหลือให้อาคารหรือชุมชนอื่นๆ ได้ใช้พลังงานเหล่านี้ทุกวัน
2. การใช้กังหันลมช่วยหมุนเครื่องจักรหรือผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้ในระบบอาคารในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์
3. การใช้พลังงานจากการหมักก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดโดยใช้แหล่งสารอินทรีย์จากห้องน้ำ น้ำเสีย เศษอาหาร และกิ่งไม้ใบไม้จากสวนรอบอาคาร ก๊าซชีวภาพสะดวกใช้ในการประกอบอาหารโดยตรงหรือใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าช่วงเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์และกระแสลม ภายหลังการบำบัดระบบผังให้ปุ๋ยจากตะกอนของสารอินทรีย์เพื่อใช้ในการปลูกพืชอีกด้วย

โดยสรุป ปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ทำให้การออกแบบอาคารยุคที่ 4 สำเร็จ คือ ปริมาณความต้องการการใช้พลังงานทั้งหมดในอาคารต้องต่ำกว่าปริมาณพลังงานที่ผลิตได้จากพลังงานธรรมชาติในพื้นที่นั้นๆ เพราะเป็นการแก้ปัญหาสภาพแวดล้อมที่ต้นเหตุอย่างแท้จริง มีหลักการสำคัญ คือ

- ให้ความสำคัญกับการออกแบบในลักษณะองค์รวม
- เป็นการออกแบบจากฐานความรู้ด้านการอนุรักษ์พลังงาน
- มุ่งเน้นการพัฒนาการใช้พลังงานทดแทนภายในอาคาร
- ผลที่ได้รับ คือ อาคารที่สามารถอยู่ได้ด้วยตัวเอง และยั่งยืนอย่างแท้จริง

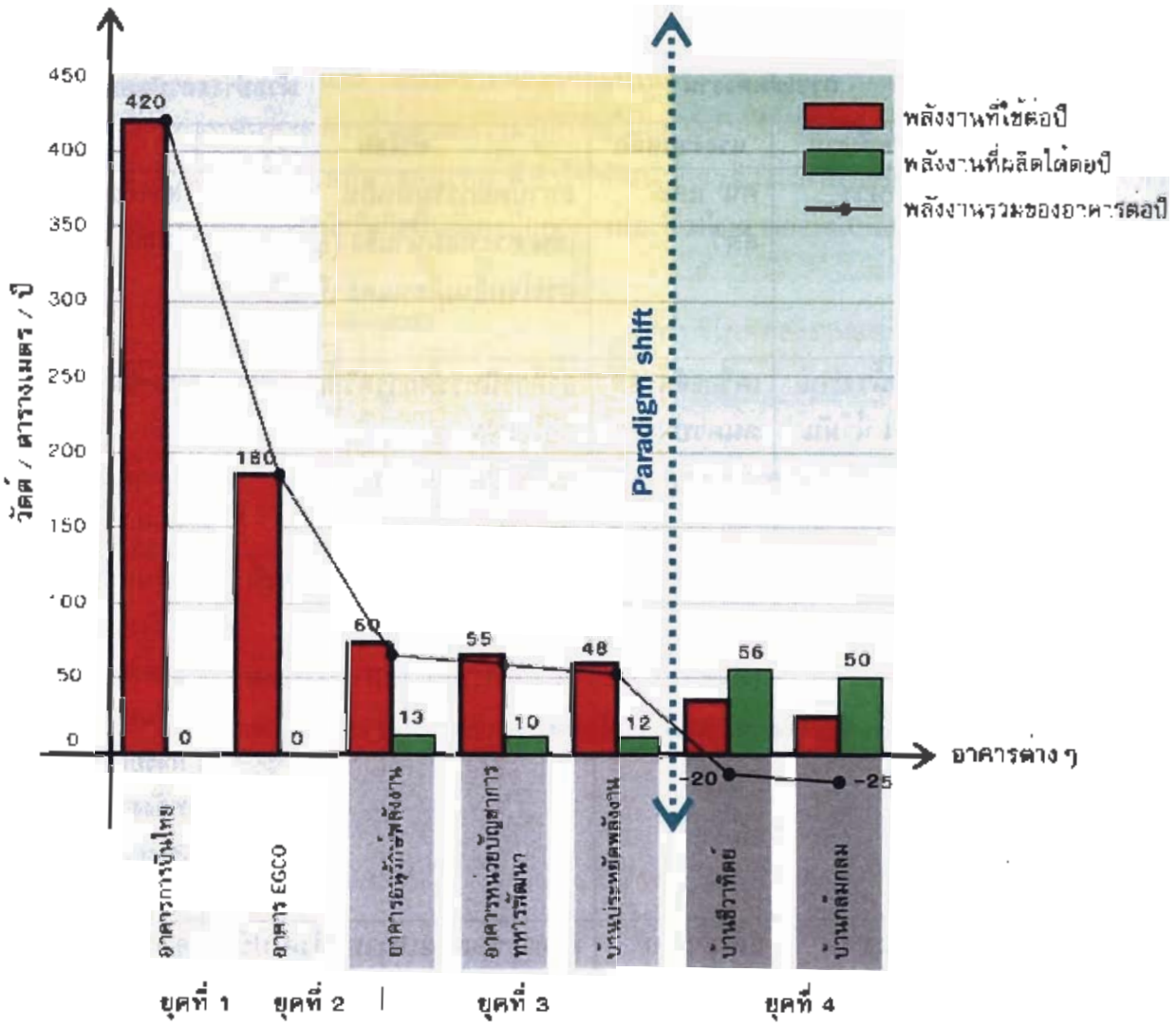
ตัวอย่างอาคารในยุคนี้ ได้แก่ บ้านชีวาทิตย์ (BIO-SOLAR HOME) และ บ้านกลืม กลม (ECO-SPHERE BIOLOGICAL HABITAT)

ภาพที่ 17 ตัวอย่างผลงานอาคารของยุคที่ 4 บ้านชีวาทิตย์ รางวัลอันดับหนึ่งอาเซียน ปี พ.ศ.2547



ภาพที่ 18 ตัวอย่างอาคารยุคที่ 4 ยุคทุนธรรมชาติ บ้านกลิ้มกลม
โดย บริษัท จีจีแอ็ดแวนเทจ จำกัด

แผนภูมิเปรียบเทียบการใช้พลังงานต่อปี ของอาคารต่าง ๆ

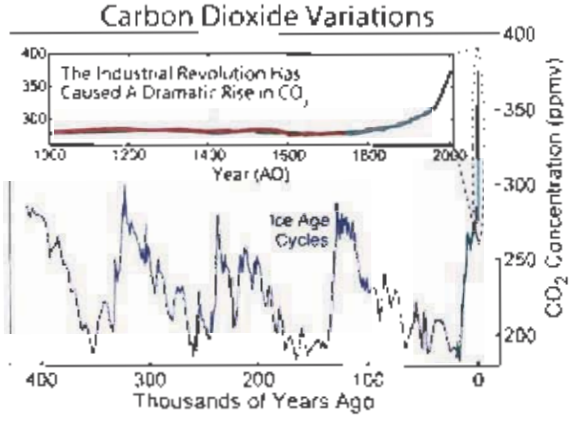


แผนภูมิที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานต่อปีของอาคารต่าง ๆ

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบแนวความคิดในแต่ละยุคสมัย การใช้พลังงานและตัวอย่างรูปแบบสถาปัตยกรรมที่เกิดขึ้นในยุคก่อนเปลี่ยนแกนความคิด

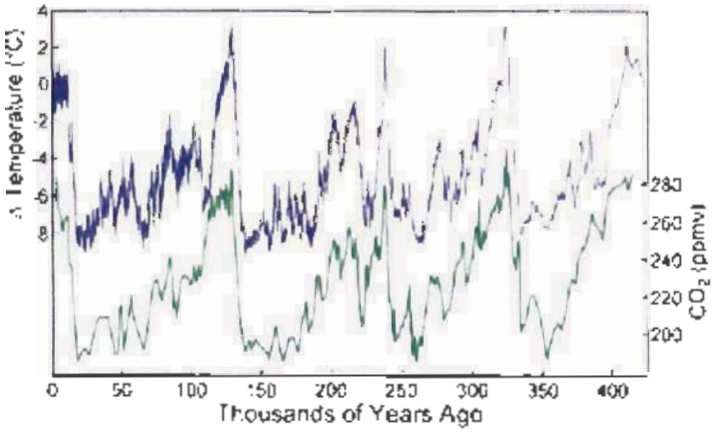
แนวความคิดในแต่ละยุคสมัย	การใช้พลังงาน		ตัวอย่างสถาปัตยกรรม	
	พลังงาน	แรงงานหลัก	ทั่วโลก	ประเทศไทย
ยุคเกษตรกรรม	อาหาร	คน และสัตว์	สถาปัตยกรรมพื้นถิ่น เช่น กระท่อมน้ำแข็ง (igloo) กระโจมอินเดียนแดง เป็นต้น	สถาปัตยกรรมพื้นถิ่น เช่น เรือนไทย โบสถ์ไทย เป็นต้น
ยุคอุตสาหกรรม	ไอน้ำ ถ่านหิน น้ำมัน	เครื่องจักรละคนควบคุม	อาคารนิทรรศการคริสตัลพาเลซ หอไอเฟล อาคารซีแกรม อาคารเอ็มไพรสเตด	สถาปัตยกรรมตะวันตก และอิทธิพลจาก (Architectural Best Practice) เช่นอาคารมหาธีรราชานุสรณ์
ยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ	ไฟฟ้า	มอเตอร์และคอมพิวเตอร์ (ดิจิตอล)	สำนักงานใหญ่ธนาคารฮ่องกงและเซี่ยงไฮ้ สถานีโทรทัศน์ CCTV ประเทศจีน	กลุ่มอาคารที่คำนึงถึงการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายกำหนด เช่น Building coles and Energy Awards กลุ่มอาคารที่ประยุกต์ใช้ผลการวิจัยในการออกแบบ เช่น อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ Research and Development
ยุคสิ่งแวดล้อม	พลังงานทดแทน	แสงอาทิตย์ ลม สารอินทรีย์ ชีวภาพ	อาคารหอสมุดประเทศสิงคโปร์ National Library of Singapore	อาคารสำนักงานใหญ่การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (EGCO)

ภาพรวมที่เกี่ยวโยงกับการใช้พลังงานและแรงงานหลักในแนวความคิดแต่ละยุคสมัย สะท้อนผ่านผลงานสร้างสรรค์ทางสถาปัตยกรรมที่แตกต่างกัน (ดังแสดงในตารางที่ 1) แสดงให้เห็นว่าตั้งแต่อดีตในแนวความคิดยุคเกษตรกรรม ผ่านยุคอุตสาหกรรม จนถึงยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ มีการใช้พลังงานในลักษณะบริโภค (Consume) สิ่งที่ธรรมชาติสะสมไว้ (storage) อย่างต่อเนื่อง แนวความคิดที่เกิดขึ้นในช่วงระยะดังกล่าวมีจุดเริ่มต้นของช่วงเวลาที่ต่างกันในแต่ละภูมิภาค เนื่องจากการเดินทาง การถ่ายทอดความรู้ยังเป็นไปอย่างยากลำบาก จวบจนการติดต่อสื่อสารที่ก้าวหน้าเสมือนโลกไร้พรมแดนในยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ทำให้พัฒนาการต่าง ๆ เกิดขึ้นรวดเร็วทัดเทียมกันทั่วโลก ขณะเดียวกันแนวความคิดในแต่ละยุคสมัยที่เกิดขึ้นยังคงมีอยู่อย่างต่อเนื่องในการออกแบบสถาปัตยกรรม ณ ปัจจุบัน



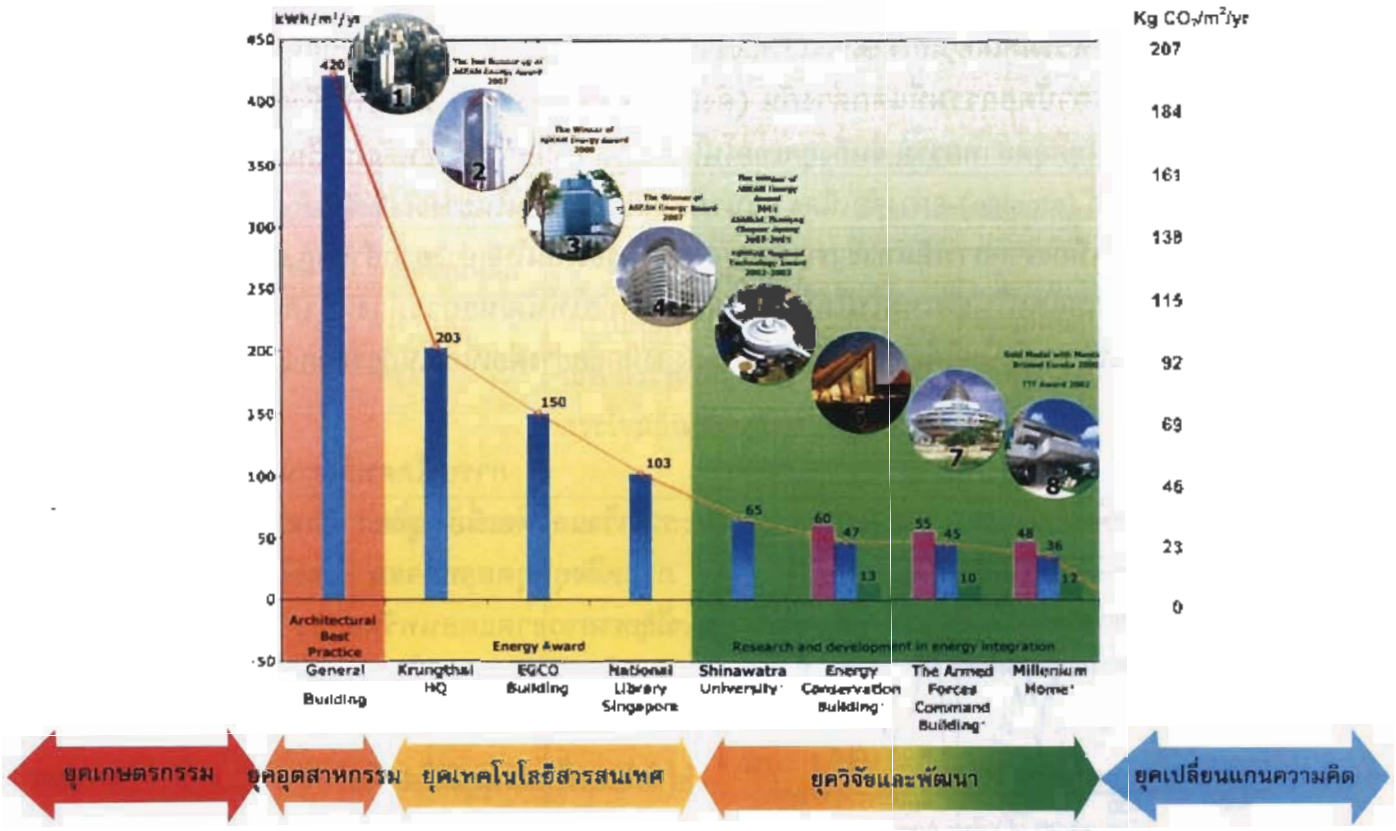
การบริโภคพลังงานและใช้ทรัพยากรที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง สูงกว่าศักยภาพอัตราการผลิตของธรรมชาติ ภายหลังยุคอุตสาหกรรม ส่งผลให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมา เช่น ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากร วิกฤตพลังงาน การเกิดภาวะโลกร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงเพิ่มขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2443 – 2543 หรือปี ค.ศ. 1900 – 2000 (ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2)

แผนภูมิที่ 2 แสดงการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Transition Town Shaftesbury, 2009)



ปัญหาสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันเกิดจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มมากขึ้น โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งที่มีปริมาณสูงที่สุดมากกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ผลการตรวจวัดพบว่าเมื่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกก็เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน (ดังแสดงในแผนภูมิที่ 3)

แผนภูมิที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ (Petit et al., 1999)



แผนภูมิที่ 4 แสดงการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารที่เกิดขึ้นในยุคก่อนเปลี่ยนแกนความคิด

การวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์การใช้พลังงานของยุคต่าง ๆ พบว่า ยุคเกษตรกรรม จากการใช้พลังงานเพื่อความอยู่รอดเช่นการใช้เชื้อเพลิงในการประกอบอาหารและการสร้างความอบอุ่นแก่ร่างกาย ประชากรที่อาศัยอยู่ในภูมิอากาศเขตหนาวมีความต้องการเชื้อเพลิงและมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด แต่ยังมีจำนวนประชากรน้อยและมีทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์มีปริมาณมากกว่าอัตราการใช้ ต่อมาเมื่อจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้นการใช้ทรัพยากรจึงเพิ่มขึ้น ปริมาณทรัพยากรเริ่มลดลง ยุคอุตสาหกรรมมนุษย์ใช้เชื้อเพลิงและใช้พลังงานจำนวนมหาศาลจากไม้ ถ่านหินและน้ำมันการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจบจนเข้าสู่ยุคเทคโนโลยีสารสนเทศที่อุปกรณ์มีประสิทธิภาพสูงรูปแบบพลังงานจึงเปลี่ยนเป็นพลังไฟฟ้ามากขึ้น การขาดแคลนพลังงานจึงปรากฏชัดในเวลาต่อมา มนุษย์จึงเริ่มตระหนักและหาหนทางอนุรักษ์พลังงาน ส่งเสริมการประหยัดพลังงาน รวมทั้งหาหนทางและพลังงานที่จะอยู่รอดอีกครั้งอย่างยั่งยืน

ยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นยุคที่สถาปนิกเริ่มให้ความสำคัญกับการออกแบบและการประหยัดพลังงาน โดยสามารถแบ่งพัฒนาการสถาปัตยกรรมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยในยุค เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. การสนับสนุนและให้รางวัลโดยภาครัฐและนานาชาติ (Buildings Code & Energy Awards)
2. การวิจัยและพัฒนาเชิงบูรณาการด้านการประหยัดพลังงาน (Research and Development in Energy Integration)

ภาพที่ 19 กลุ่มอาคารในประเทศไทย ที่ใช้พลังงานสูงก่อนเกิดวิกฤติพลังงาน

3. พัฒนาการสถาปัตยกรรมที่เกิดขึ้นในประเทศไทย

การออกแบบสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นยุคเกษตรกรรม

(Contemporary Architecture)

การออกแบบงานสถาปัตยกรรมในยุคเกษตรกรรม มีแนวคิดเริ่มแรกเพื่อสร้างที่อยู่อาศัยที่สามารถป้องกันสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมกับการดำรงอยู่ของร่างกายมนุษย์ มีความต้องการบังแสงแดด บังลม บังฝน ป้องกันสัตว์ร้าย กันน้ำท่วมในฤดูน้ำหลาก จากปรากฏการณ์ธรรมชาติพร้อมกับการบังสายตาเพื่อความเป็นส่วนตัวเป็นสัดเป็นส่วน เพิ่มลวดลายเพื่อแสดงถึงฐานะทางสังคม วัสดุก่อสร้างที่ใช้ ผลิตมาจากธรรมชาติโดยตรง เช่นไม้ ดิน อิฐ หิน ปูน ยางไม้ เลือดสัตว์ เป็นต้น รูปแบบอาคารเปลี่ยนตามสภาพแวดล้อม อาคารที่อยู่บนที่ราบจะสร้างสูงจากพื้นไม่มาก ให้เกิดการระบายอากาศใต้พื้นเนื่องจากดินมีความชื้นสูง ทำให้วัสดุก่อสร้างเสื่อมสภาพเร็ว การระบายอากาศใต้พื้นเป็นเทคนิคการลดอุณหภูมิจากการระเหยของไอน้ำ ของดินใต้พื้นทำให้อุณหภูมิอากาศลดลงประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 20 เรือนไทยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 แนวทางที่ 1 แนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีคุณภาพสูงโดยสถาปนิกชั้นนำ (Architectural Best Practice)

การใช้แนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีคุณภาพสูงโดยสถาปนิกชั้นนำ เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่พลังงานสามารถซื้อมาได้ด้วยราคาต่ำ และสภาพแวดล้อมยังไม่ถูกทำลายจนถึงขั้นที่ได้รับความสนใจ ดังนั้นอาคารที่เกิดขึ้นจึงมุ่งเน้นที่ความงามภายนอกเป็นสำคัญ การพัฒนารูปแบบของสถาปัตยกรรมไทยใช้องค์ความรู้เดิมของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นจากยุคเกษตรกรรมผสมผสานการใช้เทคโนโลยีและวัสดุจากยุคอุตสาหกรรม รวมทั้งการเรียนตามทฤษฎีของชาติตะวันตกมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบ ทำให้เกิดรูปลักษณ์อาคารที่หลากหลายจนเกิดความสับสนของการสร้างสรรค์เอกลักษณ์สถาปัตยกรรมไทยที่แท้จริง

การออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีคุณภาพสูงโดยสถาปนิกชั้นนำมี 2 วิธีหลักในการออกแบบ ได้แก่

- วิธีการออกแบบโดยใช้ระบบธรรมชาติ (Passive Design)
- วิธีการออกแบบโดยใช้ระบบเครื่องกล (Active Design)

3.1.1 วิธีการออกแบบโดยใช้ระบบธรรมชาติ (Passive Design)

แนวความคิดหลักในการออกแบบอาคารที่มีคุณภาพสูงโดยสถาปนิกชั้นนำในวิธีการออกแบบโดยใช้ระบบธรรมชาติเป็นความพยายามในการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติในการสร้างความสบายภายในอาคาร (สุนทร บุญญาธิการ, 2549) โดยมีหลักในการออกแบบคือ

- การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ (Natural ventilation)
- การจัดวางอาคาร (Orientation)
- การใช้แผงและอุปกรณ์บังแดด (Shading device)
- การใช้แสงธรรมชาติด้วยกระจกสีตัดแสง (Natural light from tinted glass)

การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ

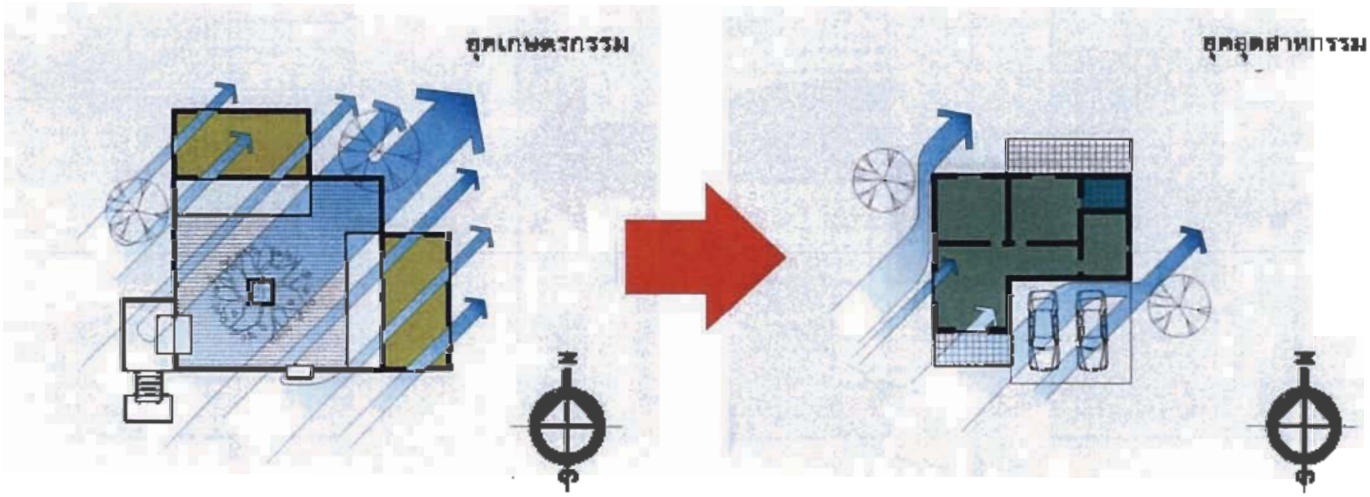
(Natural ventilation)

การพัดของกระแสลม หรือการเคลื่อนที่ของอากาศภายในอาคารซึ่งเกิดจากกระแสลมตามธรรมชาติ จากการศึกษาของ Olgyay (1973: 102) สามารถแบ่งออกเป็น

1. การเคลื่อนที่ของอากาศเนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่นอากาศ ทำให้เกิดแรงหรือความกด
2. การเคลื่อนที่ของอากาศเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ

การเคลื่อนที่ของอากาศอาจเกิดขึ้นได้จากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง เกิดขึ้นจากทั้งสองสาเหตุ หรือเกิดจากสาเหตุอื่นตามเงื่อนไขของลักษณะบรรยากาศ และการออกแบบอาคาร โดยทั่วไปกระแสลมในธรรมชาติเกิดจากความกดอากาศมากกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิ

การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ คือ การใช้กระแสลมถ่ายเทเอาอากาศภายในห้องออกไป โดยให้อากาศบริสุทธิ์จากภายนอกห้องเข้ามาแทนที่ การออกแบบอาคารเกือบทุกประเภทที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศควรคำนึงถึงการเปิดหน้าต่างรับลมเพื่อใช้ลมธรรมชาติช่วยลดความร้อนในอาคารโดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศ เมื่ออากาศภายนอกไม่ร้อน (ตรึงใจ บูรณสมภพ, 2539) ความเคยชินในการอยู่อาศัยในอาคารที่เน้นการระบายถ่ายเทอากาศของเรือนไทยในแนวความคิดยุคเกษตรกรรมทำให้การออกแบบอาคารที่มีคุณภาพสูงโดยสถาปนิกชั้นนำ (Best Practice) ใช้การระบายอากาศเข้าสู่อาคารให้อากาศถ่ายเทได้เต็มที่ โดยไม่ตระหนักถึงความชื้นที่เข้ามาสะสมอยู่ภายในอาคาร



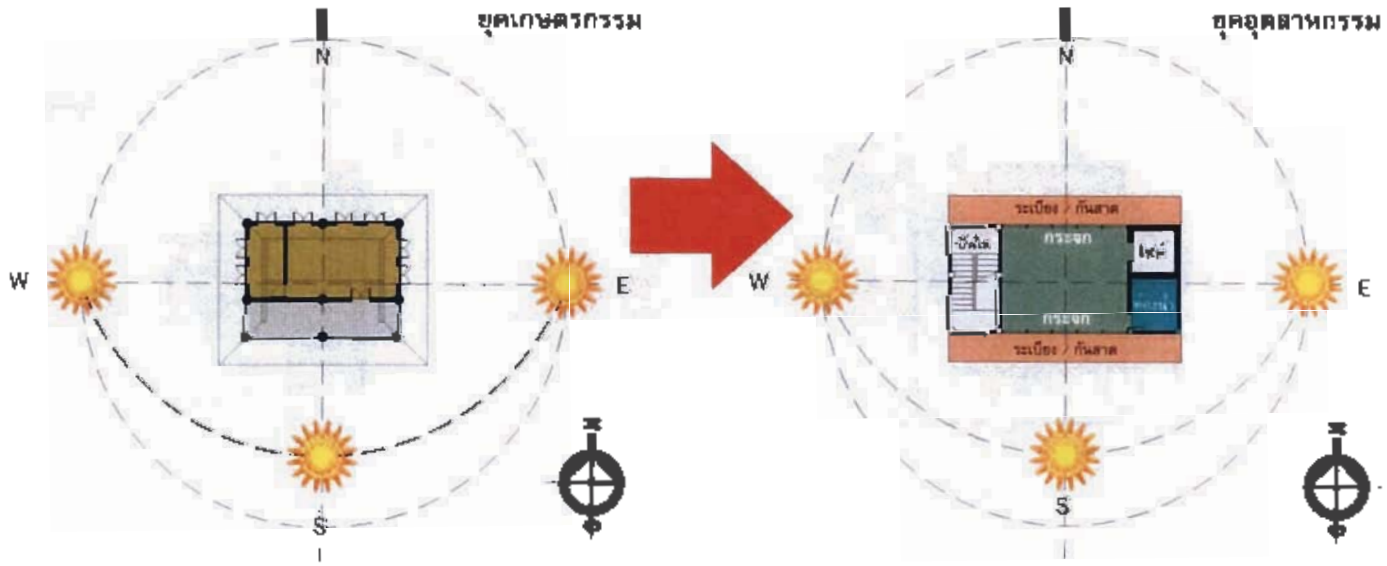
ภาพที่ 21 การพัฒนาแนวคิดการระบายอากาศ

การจัดวางอาคาร (Orientation)

การนำแนวความคิดของเรือนไทยในยุคเกษตรกรรมและการศึกษาวิชาสถาปัตยกรรมสมัยใหม่ในด้านการออกแบบผังที่ตั้งมาต่อยอดก่อให้เกิดความสำคัญกับการวางผังอาคาร ผังพื้น ทิศทาง และรูปแบบอาคาร ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1. ด้านแคบของอาคารควรหันไปทางทิศตะวันออก-ตะวันตก เพื่อให้ได้รับแสงอาทิตย์น้อยที่สุด
2. ช่องเปิดควรมีทางผนังด้านทิศเหนือ-ใต้ เพื่อให้สามารถกันแดดให้ร่มเงากับอาคารได้ง่าย ผนังทึบควรอยู่ทางทิศตะวันออก-ตะวันตกเพราะเป็นทิศที่ทำแผงกันแดดได้ยากเนื่องจากมุมของแสงอาทิตย์ที่กระทำบนพื้นโลก อยู่ในระนาบต่ำ
3. หน้าต่างที่เปิดทางผนังด้านทิศเหนือ-ใต้ สามารถรับลมแรงได้ตลอดปี โดยมีความคิดว่าจะช่วยขับความชื้นออกไป
4. ตำแหน่งที่ตั้งที่ไม่สามารถวางอาคารได้ตามที่กล่าวมาข้างต้น ให้ออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมเพื่อช่วยบังแดดและดักลมให้เกิดเป็นช่องลม เช่น แนวต้นไม้ กำแพง รั้ว เป็นต้น

แนวความคิดการจัดวางอาคารตามตะวันของเรือนไทยในยุคเกษตรกรรมส่งผลให้การออกแบบอาคารที่มีคุณภาพสูง โดยสถาปนิกชั้นนำใช้การนำช่องบันได ช่องลิฟท์หรือห้องน้ำสกัดกั้นความร้อนทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก รวมทั้งใช้ระเบียงหรือกันสาดเพื่อกันแดดกันฝน



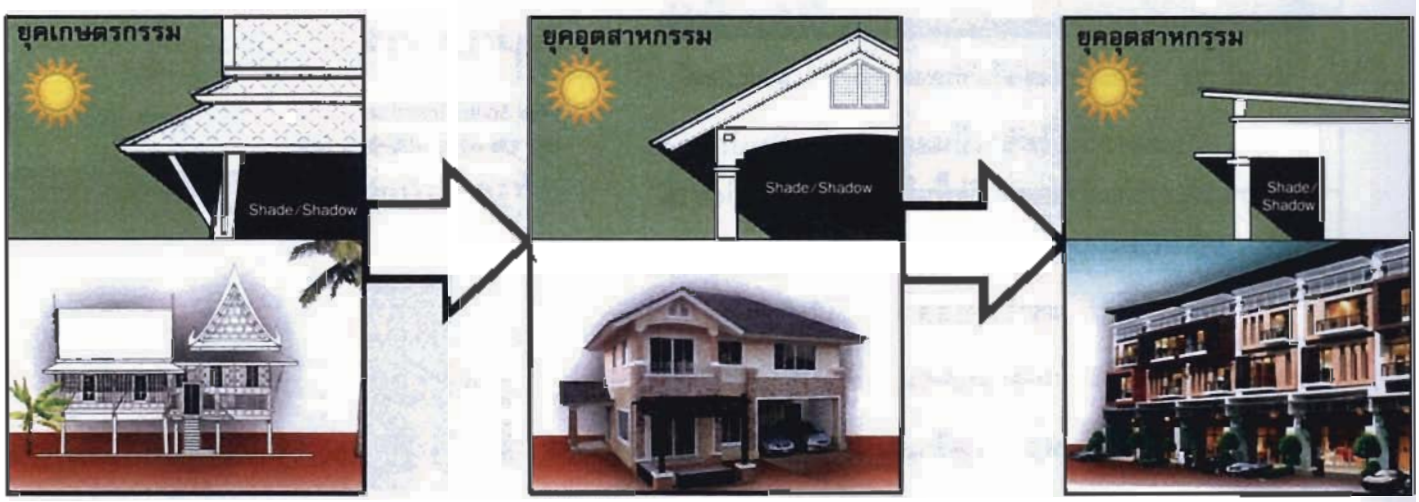
ภาพที่ 22 การพัฒนาแนวคิดการจัดวางอาคาร

การใช้แผงและอุปกรณ์บังแดด (Shading device)

การนำแนวความคิดของเรือนไทยในยุคเกษตรกรรมและการศึกษาวิชาสถาปัตยกรรมสมัยใหม่ในการออกแบบอาคารที่ต้องคำนึงถึงการบังแดดด้วยการยื่นชายคา ระเบียง กันสาด แผงกันแดด หรือรูปทรงอาคาร และการใช้อุปกรณ์บังแดด เช่น การใช้ม่านหรือมู่ลี่ภายในอาคารเพื่อควบคุมแสงแดดและความร้อนจากดวงอาทิตย์ โดย Olgyay (1973) ทำการทดลองหามุมต่าง ๆ จากจุดตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่ทำกับผนังอาคารพบว่า ลักษณะของแผงกันแดดที่เหมาะสมตามทิศต่าง ๆ ในพื้นที่ซองโลกแถบเหนือ (North Latitude) มีดังนี้

1. ด้านทิศเหนือ ควรใช้แผงกันแดดชนิดทางตั้งและมีชายคาชนิดทางนอนเพื่อบังแดดในบางเดือน
2. ด้านทิศใต้ ควรใช้แผงกันแดดชนิดทางนอน
3. ด้านทิศตะวันออก และตะวันตก ควรใช้แผงบังแดดชนิดทางตั้ง และถ้าเป็นแผงบังแดดที่สามารถหมุนปรับมุมได้ก็จะบังแดดได้ทุกเวลา
4. ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ และตะวันตกเฉียงใต้ ควรใช้แผงกันแดดแบบตารางจะได้ร่มเงามากขึ้น

การมีชายคายื่นยาวและมีกันสาดโดยรอบของเรือนไทยในยุคเกษตรกรรมส่งผลให้การออกแบบอาคารที่มีคุณภาพสูง โดยสถาปนิกชั้นนำมีการใช้แผงและอุปกรณ์บังแดดหลากหลายรูปแบบให้กับช่องแสงและหน้าต่าง



ภาพที่ 23 การพัฒนาแนวคิดการใช้แผงและอุปกรณ์กันแดด

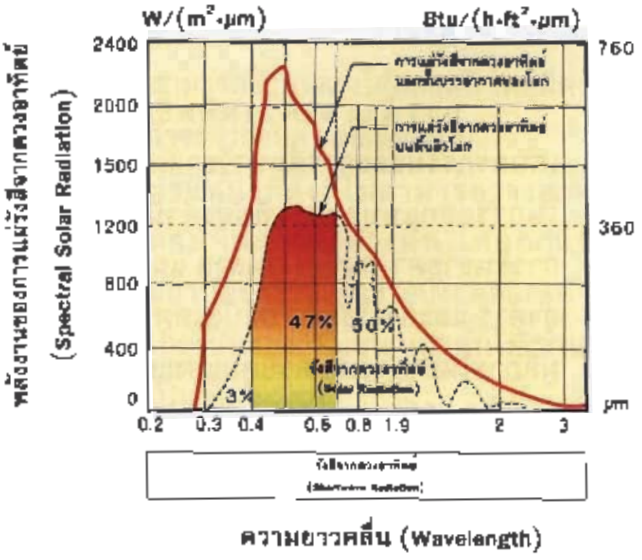
การใช้แสงธรรมชาติด้วยกระจกสีตัดแสง (Natural light from tinted glass)

การใช้ร่มเงาของต้นไม้ใหญ่ในการบังแสงแดดหรือการลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่มากเกินไปแต่ยังคงมีแสงสว่างเพียงพอในการใช้งาน เป็นการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติในยุคเกษตรกรรมที่วิถีชีวิตความเป็นอยู่ของคนไทยเป็นการใช้ชีวิตกลางแจ้งในเวลากลางวัน

ภาพที่ 24 ร่มเงาของต้นไม้ช่วยลดปริมาณแสงอาทิตย์

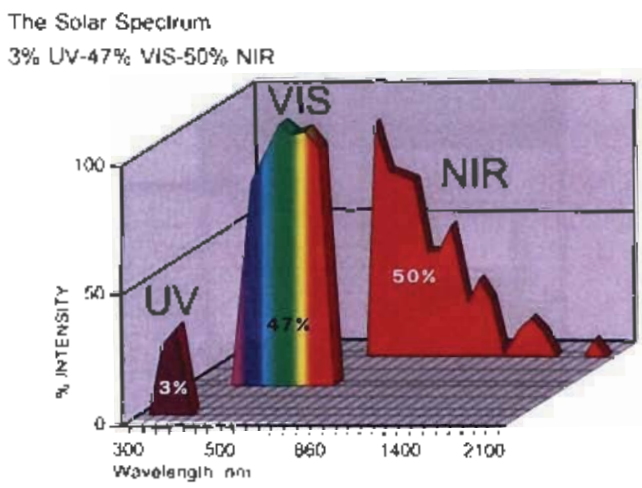
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นองค์ประกอบหลักของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องมายังพื้นโลก สามารถแบ่งตามช่วงความถี่ ได้แก่

1. ช่วงรังสีอัลตราไวโอเลต หรือรังสียูวี (UV)
2. ช่วงแสงที่สายตามนุษย์มองเห็นได้ (VIS)
3. ช่วงรังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น (NIR)



ภาพที่ 25 การแผ่รังสีของแสงอาทิตย์บนพื้นผิวโลก

พลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมดจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์บนพื้นผิวโลกมีสัดส่วนสูงสุดเป็นรังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น ซึ่งอยู่ในรูปของความร้อนประมาณร้อยละ 50 รองลงมาเป็นแสงที่มองเห็นได้ประมาณร้อยละ 47 ต่ำสุดคือรังสียูวีที่เป็นอันตรายต่อผิวหนังและผิววัสดุต่าง ๆ ประมาณร้อยละ 3

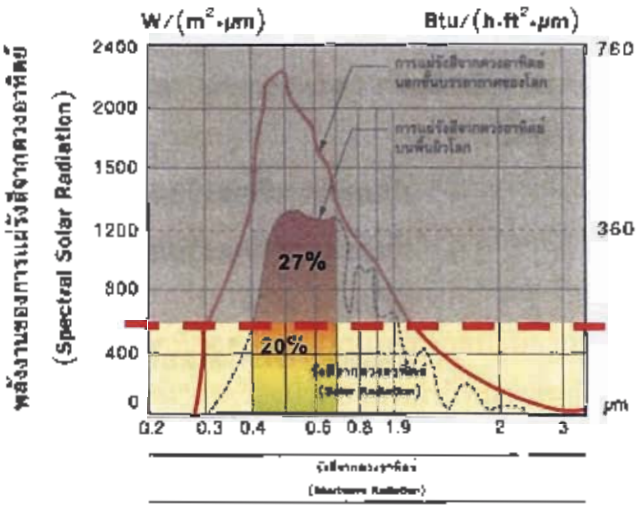


ภาพที่ 26 สัดส่วนพลังงานแสงอาทิตย์

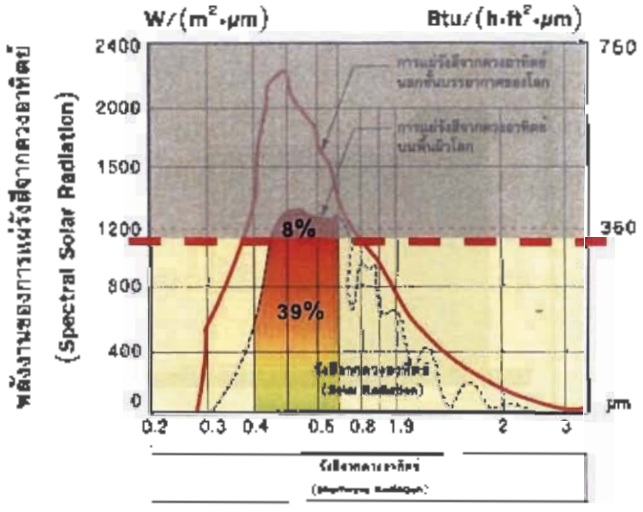
เมื่อวิถีชีวิตการทำงานกลางแจ้งเปลี่ยนมาเป็นการทำงานภายในอาคาร รวมทั้งมีการใช้กระจกในส่วนของช่องแสงและช่องเปิดอาคาร การใช้กระจกใสจะยอมให้พลังงานแสงอาทิตย์ผ่านเข้าในอาคารได้มากทำให้พลังงานความร้อนผ่านเข้ามาได้มากด้วย แนวคิดในการเลือกใช้กระจกเพื่อลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แต่ยังคงใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร ทำให้เกิดการเลือกใช้กระจกสีตัดแสง (Tinted Glass) และกระจกสะท้อนแสง (Reflective Glass) ในเวลาต่อมา

กระจกสีตัดแสง หรือกระจกดูดซับความร้อน (Heat Absorbing Glass) ผลิตจากการเติมออกไซด์ของโลหะในส่วนผสมทำให้กระจกมีสีและมีคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่กระทบผิวกระจก ทำให้แสงที่ส่องผ่านกระจกสีตัดแสงเข้ามาในอาคาร โดยเฉพาะแสงที่มองเห็นได้ลดเหลือร้อยละ 20 การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติทำได้น้อย ช่วยลดรังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น ซึ่งอยู่ในรูปของความร้อน แต่ผิวกระจกภายในอาคารมีความร้อนสูง ซึ่งสามารถแผ่รังสีความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร

กระจกสะท้อนแสงหรือกระจกสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ เป็นกระจกที่ผ่านการเคลือบโลหะลงบนผิวเพื่อเพิ่มคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานจากแสงอาทิตย์ การลดปริมาณแผ่รังสีทั้งหมดของแสงอาทิตย์อยู่ในระดับต่ำ ทำให้แสงที่ส่องผ่านกระจกสีตัดแสงเข้ามาในอาคาร โดยเฉพาะแสงที่มองเห็นได้ลดเหลือร้อยละ 39 การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติทำได้มากกว่ากระจกสีตัดแสง แต่ทำให้รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น ซึ่งอยู่ในรูปของความร้อนเพิ่มมากขึ้นด้วย



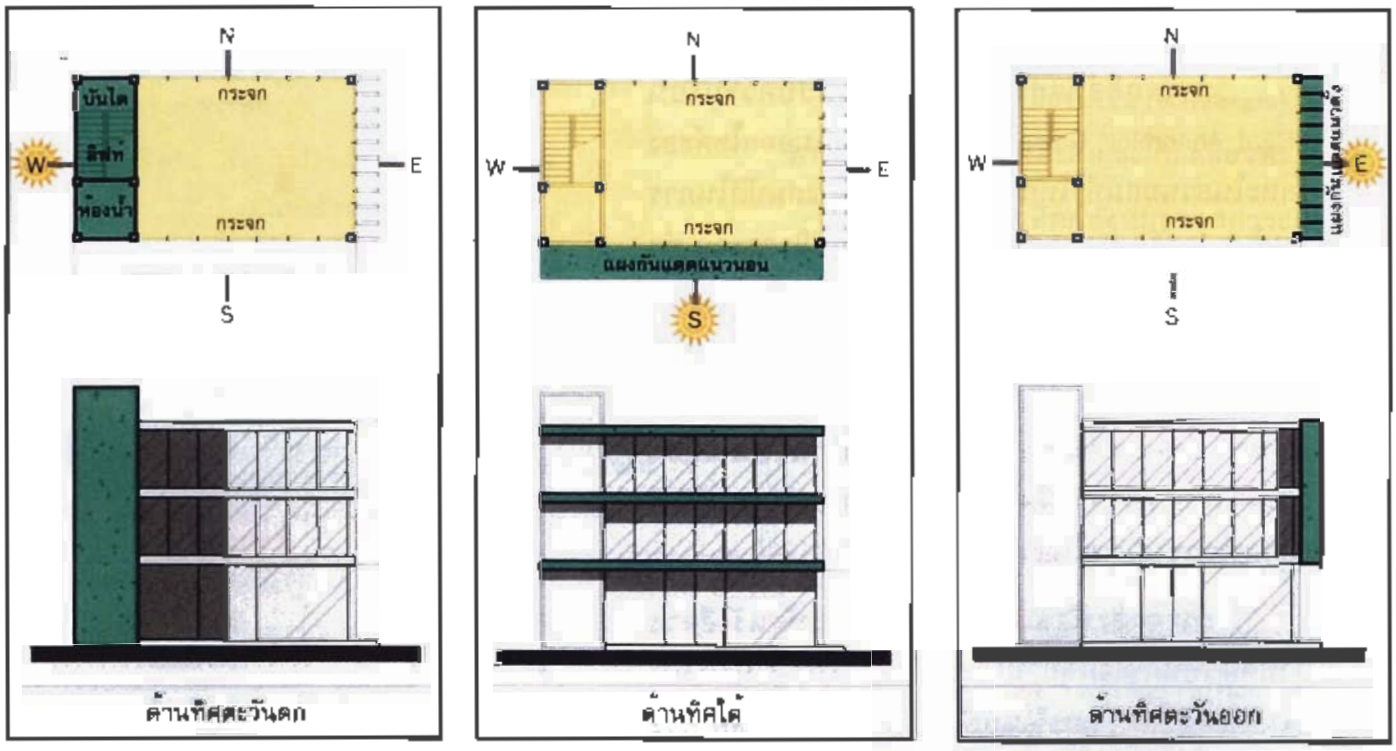
ภาพที่ 27 การลดปริมาณแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ของกระจกสีตัดแสง



ภาพที่ 28 การลดปริมาณแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ของกระจกสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์
(ที่มา : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน)

หลักการออกแบบในยุคก่อนเกิดวิกฤตพลังงาน ซึ่งเป็นแนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีคุณภาพสูงโดยสถาปนิกชั้นนำ (Architectural Best Practice) พัฒนามาจากแนวคิดของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นไทยในยุคเกษตรกรรม ดังนี้

- กันแดดทางทิศตะวันออกโดยใช้แผงกันแดดแนวตั้ง
- กันแดดทางทิศตะวันตกโดยใช้พื้นที่กันความร้อน (Buffer zone) เช่น ลิฟท์ บันได ห้องเก็บของ ห้องน้ำ ห้องเครื่อง เป็นต้น
- กันแดดทางทิศใต้โดยใช้แผงกันแดดแนวนอน



ภาพที่ 29 หลักการออกแบบในยุคก่อนเกิดวิกฤตพลังงาน

3.1.2 วิธีการออกแบบโดยใช้ระบบเครื่องกล (Active Design)

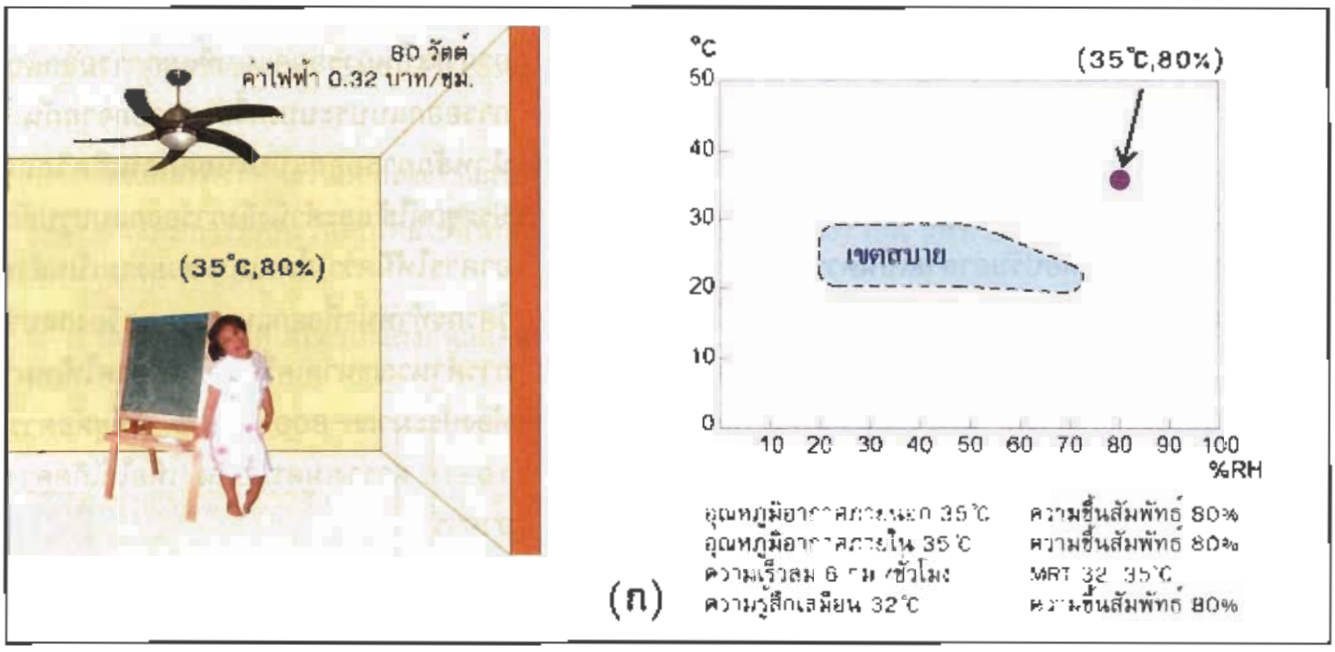
แนวความคิดหลักในการออกแบบอาคารที่มีคุณภาพสูงโดยสถาปนิกชั้นนำในวิธีการออกแบบโดยใช้ระบบเครื่องกลเพื่อปรับอากาศเป็นความพยายามในการใช้ระบบเครื่องกลในการสร้างความสบายภายในอาคารเพื่อคงไว้ซึ่งคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคารโดยไม่พึ่งพาประโยชน์จากธรรมชาติเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารไม่อยู่ในเขตสบาย (สุนทร บุญญาธิการ, 2549)

การใช้พัดลมเพื่อเพิ่มความสบายสามารถสร้างความรู้สึกเสมือนที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารเนื่องจากการเพิ่มของกระแสลม แต่อุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ยังคงสูงมากทำให้สภาพอากาศภายในอาคารอยู่นอกเขตสบาย

การใช้เครื่องปรับอากาศภายในอาคารแทนการใช้พัดลมส่งผลให้สภาพอากาศภายในอาคารอยู่ในเขตสบายตลอดเวลา แต่การเปลี่ยนพัดลม 1 ตัว เป็นเครื่องปรับอากาศ 1 เครื่อง (ภาพที่ 30) ส่งผลให้การใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายจากเดิมเพิ่มมากขึ้นประมาณ 12.5 เท่า

การออกแบบอาคารโดยใช้ระบบเครื่องกลปรับอากาศเป็นการออกแบบที่แยกการออกแบบอาคารและการออกแบบระบบเครื่องกลออกจากกัน โดยสถาปนิกนำหลักการออกแบบในยุคก่อนเกิดวิกฤตพลังงานมาประยุกต์ใช้ และคำนึงถึงการออกแบบรูปลักษณ์ภายนอกอาคารให้มีความโดดเด่น สวยงามเป็นสำคัญ ในขณะที่วิศวกรทำหน้าที่ออกแบบระบบเครื่องกลปรับอากาศจากการคำนวณขนาดเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับพื้นที่ห้องประมาณ 800-1,200 บีทียูต่อตารางเมตร หรือ 10-16 ตารางเมตรต่อตัน เพื่อให้เกิดความเย็นภายในอาคาร

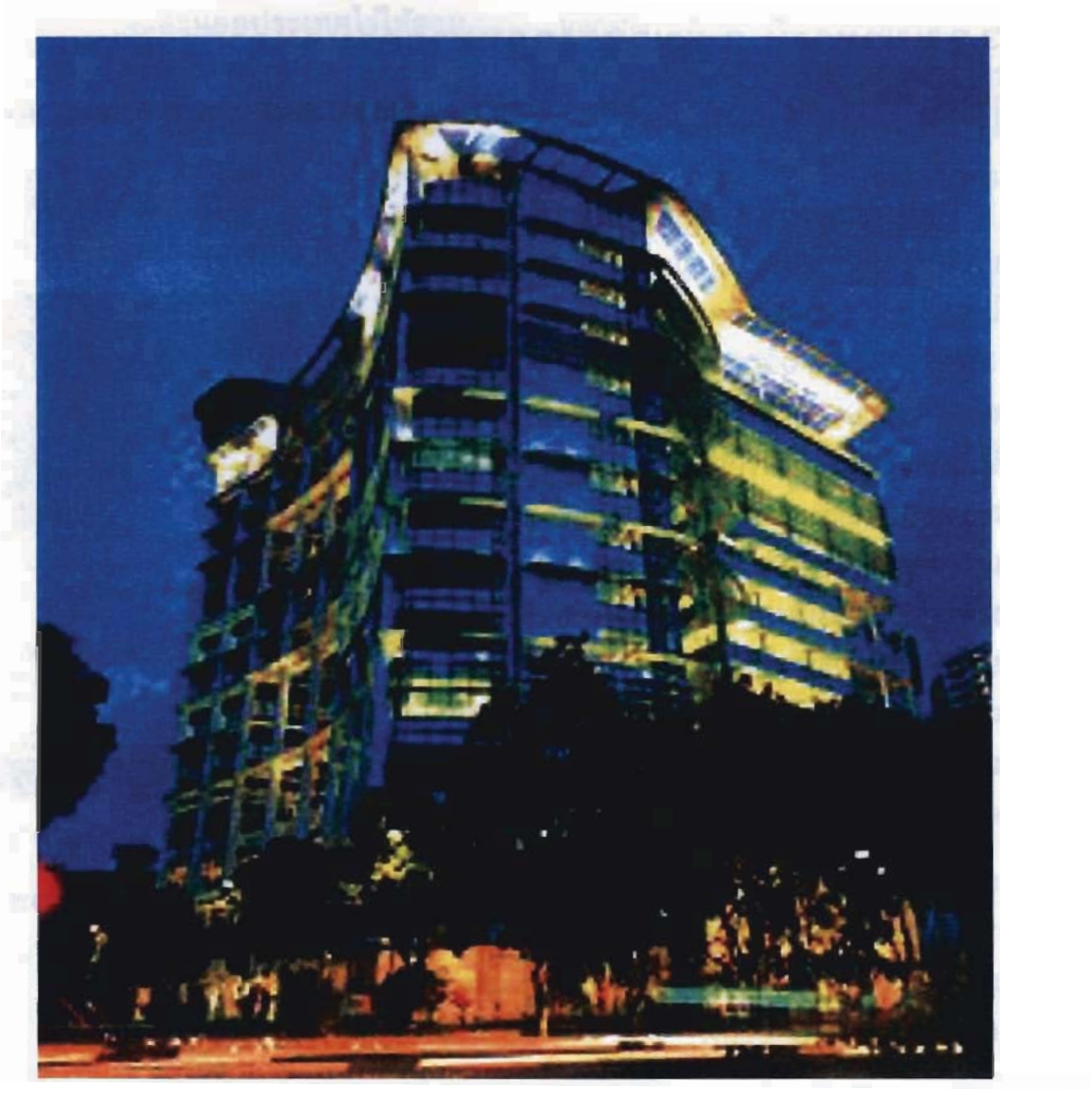
เมื่ออาคารได้รับการออกแบบระบบปรับอากาศที่คำนึงถึงความเย็นสบายภายในอาคารมากกว่าการใช้พลังงาน ประกอบกับช่วงเวลาดังกล่าวยังไม่เกิดวิกฤตพลังงาน ทำให้แนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีคุณภาพสูงโดยสถาปนิกชั้นนำมีการใช้พลังงานอย่างฟุ่มเฟือย โดยมีค่าการใช้พลังงานเฉลี่ยสูงถึง ประมาณ 400 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี หรือใช้เงินจ่ายค่าไฟฟ้าสูงมากถึงประมาณ 75 วัตต์ต่อตารางเมตร



ภาพที่ 30 เปรียบเทียบการใช้พัดลมกับเครื่องปรับอากาศ

(ก) การปรับสภาพแวดล้อม โดยใช้ลมช่วยให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกสบายขึ้น

(ข) การควบคุมสภาพแวดล้อม โดยใช้ระบบปรับอากาศทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกสบายใน Comfort Zone



ภาพที่ 31 อาคารหอสมุดแห่งชาติ ประเทศสิงคโปร์ รางวัลรองอันดับหนึ่งระดับอาเซียน ปี 2550
(ที่มาภาพ: http://online.wsj.com/article/SB118064860527220566.html)

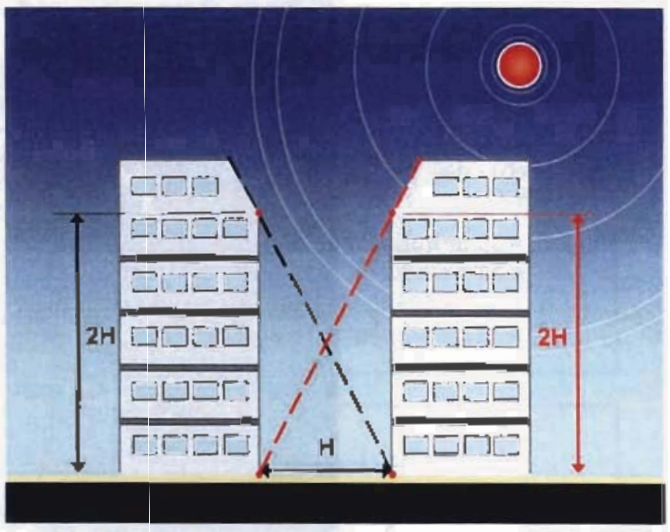
การใช้แสงธรรมชาติ การระบายอากาศโดยกระแสลมธรรมชาติ การบังแดดเข้าสู่อาคาร การใช้ต้นไม้ประดับและสร้างพื้นที่ร่มเงาให้กับอาคาร

3.2 แนวทางที่ 2 แนวทางกฎหมายควบคุมอาคารด้านการประหยัดพลังงานและการให้รางวัลโดยภาครัฐและนานาชาติ (Buildings Code & Energy Awards)

กฎหมายแม่บทที่เกี่ยวกับการควบคุมอาคารหรือควบคุมการก่อสร้างอาคารฉบับแรกของประเทศไทยคือ พระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างในเขตเพลิงไหม้ พ.ศ.2476 ตามด้วยพระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างอาคาร พ.ศ.2479 จนกระทั่งปัจจุบันที่ใช้พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 โดยปรับปรุงกฎหมายว่าด้วยการควบคุมการก่อสร้างอาคาร และกฎหมายว่าด้วยการควบคุมการก่อสร้างในเขตเพลิงไหม้ และรวมเป็นกฎหมายฉบับเดียวกัน ซึ่งต่อมามีการแก้ไขพระราชบัญญัติฉบับดังกล่าวเพิ่มเติม 2 ครั้ง คือ ฉบับที่ 2 ในปี พ.ศ. 2535 และ ฉบับที่ 3 ในปี พ.ศ. 2543

กฎหมายควบคุมอาคาร (Building code) ในยุคแรกเป็นกฎหมายที่คำนึงถึงการควบคุมอาคารเพื่อให้การก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย และใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคารอย่างมีความมั่นคงแข็งแรง และปลอดภัยกับผู้ใช้สอยอาคาร

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 มีการคำนึงถึงการควบคุมลักษณะอาคาร ส่วนต่าง ๆ ของอาคาร ที่ว่างภายนอกอาคาร แนวอาคารและระยะต่าง ๆ ของอาคาร ซึ่งมีวิธีการเดียวกันกับกฎหมายควบคุมอาคารต่างประเทศ โดยเฉพาะการกำหนดระยะห่างเพื่อให้เกิดที่ว่างระหว่างอาคารแต่ละหลัง เช่น การเว้นระยะถอยร่น (Set back) จากความสูงของอาคารไม่ว่าจากจุดใดจุดหนึ่ง ต้องไม่เกินสองเท่าของระยะราบ วัดจากจุดนั้นไปตั้งฉากกับแนวเขตด้านตรงข้ามของถนนสาธารณะที่อยู่ใกล้อาคารนั้นที่สุด



ภาพที่ 32 ระยะถอยร่นของอาคาร

ในเวลาต่อมาประเทศไทยเริ่มมีปัญหาหลายปัจจัยเกิดขึ้น เช่น

- อาคารขนาดใหญ่มีการก่อสร้างเพิ่มขึ้นมากในช่วงก่อนปี พ.ศ. 2535
- การใช้พลังงานของประเทศเพิ่มสูงอย่างต่อเนื่อง
- สิ่งแวดล้อมของประเทศไทยเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว

ผลจากความต้องการใช้พลังงานเพื่อตอบสนองการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศที่เพิ่มขึ้นในอัตราสูง เป็นภาระแก่ภาครัฐในการ

ลงทุนจัดหาพลังงานทั้งในและนอกประเทศไว้ใช้ตามความต้องการที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งการใช้งบประมาณของชาติจำนวนมากในการสร้างเขื่อน สร้างโรงไฟฟ้า เช่นเดียวกับภาคประชาชนที่ต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายมากยิ่งขึ้นในการบริโภคพลังงานเพื่อสร้างความสะดวกสบายในชีวิตประจำวัน

จวบจนวิกฤตพลังงานกลายเป็นปัญหาระดับโลกจากการขาดแคลนน้ำมัน ทำให้ต้นทุนในการประกอบธุรกิจเพิ่มสูงขึ้น รัฐบาลจึงหาแนวทางในการประหยัดพลังงาน โดยแนวทางหนึ่งในการประหยัดการบริโภคพลังงานทางสาขาธุรกิจและที่อยู่อาศัยที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมหาศาลคือ การตราพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และประกาศใช้พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุมและกฎกระทรวง พ.ศ. 2538 ซึ่งกำหนดให้อาคารควบคุมจัดสำรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน จัดทำแผนและเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานแต่ละแห่ง รวมทั้งยังกำหนดเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพด้านพลังงาน โดยแบ่งการประเมินเป็น 3 หัวข้อ คือ

1. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

2. ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างในอาคารโดยไม่รวมพื้นที่จอดรถ

3. ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ปรับอากาศ

เกณฑ์มาตรฐานที่บังคับแก่อาคารควบคุม เช่น ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร หรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ กำหนดให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (overall thermal transfer value, OTTV) ไม่เกินกว่า 45 วัตต์ต่อตารางเมตรของผนังด้านนอกสำหรับอาคารใหม่ และไม่เกินกว่า 55 วัตต์ต่อตารางเมตรของผนังด้านนอกสำหรับอาคารเก่า ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (roof thermal transfer value, RTTV) ไม่เกิน 25 วัตต์ต่อตารางเมตร ทั้งอาคารเก่าและอาคารใหม่

พระราชบัญญัติฉบับเดิมมีการแก้ไขเพิ่มเติมเป็น พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 และประกาศใช้กฎกระทรวง พ.ศ. 2552 กำหนดประเภท หรือขนาดอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้งประกาศกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2552 เรื่อง การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น และค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร

กฎกระทรวง พ.ศ. 2552 กำหนดให้อาคารที่จะทำการก่อสร้างหรือดัดแปลง หากมีขนาดพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป มีมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเป็น 6 ส่วน คือ

1. ระบบกรอบอาคาร
2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
3. ระบบปรับอากาศ
4. อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน
5. การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร
6. การใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร

เกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพด้านพลังงานแตกต่างจากเดิมที่แบ่งเป็นอาคารเก่าและอาคารใหม่ โดยแบ่งเป็นประเภทอาคารต่าง ๆ ดังนี้

- สถานศึกษา สำนักงาน
- โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน
- โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด

มาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคาร เช่น ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) ต้องไม่เกินดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV)

ประเภทอาคาร	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (วัตต์ต่อตารางเมตร)
(ก) สถานศึกษา สำนักงาน	50
(ข) โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุม	40
(ค) โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	30

ตารางที่ 3 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV)

ประเภทอาคาร	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (วัตต์ต่อตารางเมตร)
(ก) สถานศึกษา สำนักงาน	15
(ข) โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	12
(ค) โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	10

เมื่อเกิดปัญหาการขาดแคลนพลังงานและการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติอย่างรุนแรง การพัฒนารูปแบบของสถาปัตยกรรมไทยจึงดำเนินไปตามกระแสและกระบวนการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นทั่วโลก อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ภายใต้นโยบายของกระทรวงพลังงานจึงได้จัดกิจกรรมหนึ่งในการส่งเสริมและยกย่องเชิดชูเกียรติอาคารและบุคลากรที่มีส่วนสำคัญในการร่วมอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่ โครงการประกวดอาคารอนุรักษ์พลังงาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งของภาครัฐในการรณรงค์ให้เกิดการการอนุรักษ์พลังงานด้วยการมอบรางวัลให้กับอาคารที่มีการอนุรักษ์พลังงานดีเด่น (Energy awards)

การประกวดอาคารอนุรักษ์พลังงานในระดับประเทศประเภทองค์กรมีหลักเกณฑ์การประเมินพิจารณาตัดสินที่สอดคล้องกับหลักปฏิบัติสากลในการประกวดระดับระดับนานาชาติของภูมิภาคอาเซียน (ASEAN Energy Awards) โดยอาคารที่ได้รับรางวัลดีเด่นจะเป็นตัวแทนของประเทศไทยในการเข้าประกวดอาคารอนุรักษ์พลังงานดีเด่นระดับอาเซียน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่

1. โรงงานและอาคารควบคุม
2. อาคารสร้างสรรค์การอนุรักษ์พลังงาน

อาคารสร้างสรรค์การอนุรักษ์พลังงานแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. อาคารใหม่และอาคารเดิม (New and Existing Building)
2. อาคารที่ออกแบบสำหรับภูมิอากาศในเขตร้อนชื้น (Tropical Building)
3. อาคารเก่าที่มีการปรับปรุงด้านการอนุรักษ์พลังงาน (Retrofitted Building)
4. อาคารสร้างสรรค์พิเศษเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (Special Submission)

กลุ่มสถาปนิกจึงให้ความสำคัญกับการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานเพื่อให้ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานมีมาตรฐานประสิทธิภาพด้านพลังงานตามกฎหมายกำหนดและเกิดอาคารที่มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นโดยการนำเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานต่าง ๆ จากต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศที่อยู่ในภูมิอากาศเขตหนาวมาใช้กับประเทศไทยที่อยู่ในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น

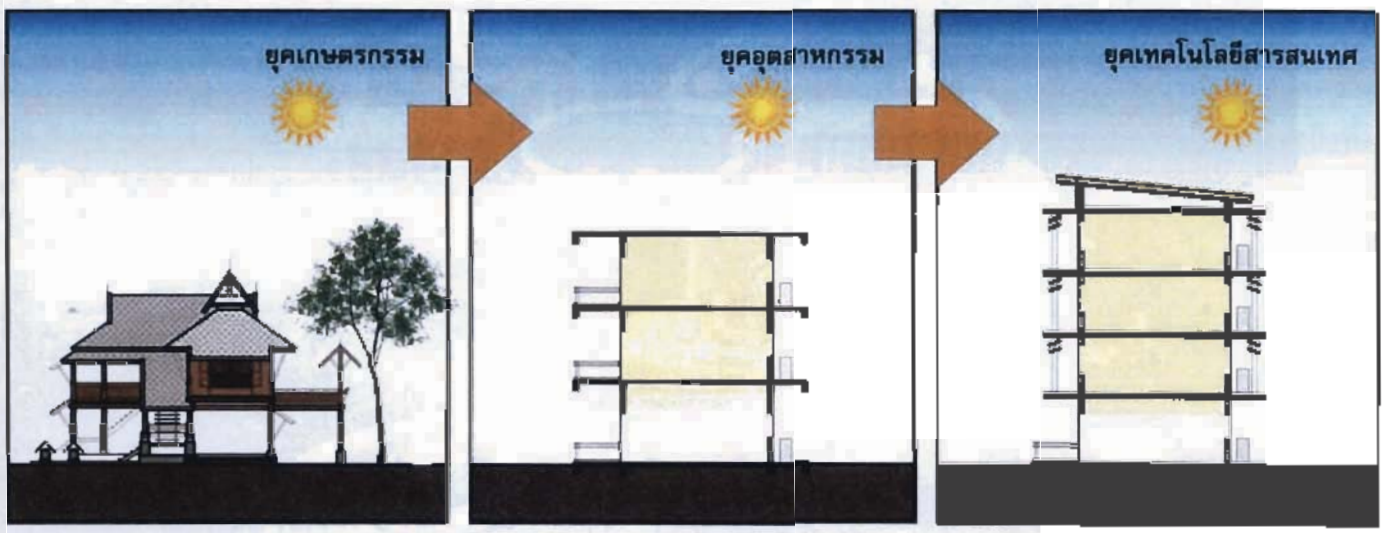
การออกแบบในแนวทางกฎหมายควบคุมอาคารด้านการประหยัดพลังงานและการให้รางวัลโดยภาครัฐและนานาชาติ ทำให้เกิดอาคารที่ได้รับรางวัลการประหยัดพลังงานต่าง ๆ ทั้งในประเทศ และต่างประเทศ เช่น อาคารกรุงไทยสำนักงานใหญ่ อาคารสำนักงานใหญ่การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (ECCO Office Buildings) อาคารหอสมุดแห่งชาติ ประเทศสิงคโปร์ เป็นต้น

การคำนวณการใช้พลังงานเพื่อให้อาคารสามารถผ่านเกณฑ์ตามกฎหมายกำหนดสามารถทำได้ แต่อาคารส่วนใหญ่กลับใช้พลังงานเกินค่าที่คำนวณไว้อย่างมากเมื่ออาคารเปิดใช้งาน จึงเกิดการศึกษาวิจัยเพื่อหาหนทางประยุกต์ใช้ให้เกิดผลสัมฤทธิ์ด้านพลังงาน โดยภาครัฐให้ทุนสนับสนุน ส่งเสริมการศึกษาวิจัยสถาปัตยกรรมในสาขาสถาปัตยกรรมไทย การอนุรักษ์สถาปัตยกรรม และสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น โดยมีสมมุติฐานว่าการวิจัยต่อยอดภูมิปัญญาของเรือนไทยจะสามารถสร้างเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยที่อยู่ในเขตร้อนชื้น

ผลการวิจัยล้วนแสดงให้เห็นว่าสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นไทย (Vernacular architecture) มีความเหมาะสมต่อสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นและวิถีชีวิตในยุคเกษตรกรรม ดังนั้นแนวทางการวิจัยเพื่อค้นหารากเหง้าหรือต้นความคิดของคุณค่าความเป็นไทยจึงถูกนำมาขยายผล เพื่อสืบสานและต่อยอดองค์ความรู้โดยไม่ยึดติดกับเทคโนโลยีต่างชาติจนลืมคำนึงถึงที่มาและความเหมาะสมกับประเทศไทยซึ่งเป็นเมืองในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น

ภาพที่ 33 มหาวิทยาลัยซินวัตร จังหวัดปทุมธานี

3.3 แนวทางที่ 3 แนวทางการวิจัยและพัฒนาเชิงบูรณาการด้านการประหยัดพลังงาน (Research and Development in Energy Integration)



ภาพที่ 34 การเปลี่ยนแปลงในแต่ละยุคสมัยก่อนการเปลี่ยนแกนความคิด

พัฒนาการในแต่ละยุคสมัยที่ผ่านมา ถึงแม้จะมีความแตกต่างในรูปแบบสถาปัตยกรรมและแนวความคิดในการออกแบบ แต่สิ่งสำคัญที่ควรคำนึงถึงคือมนุษย์ยังต้องการความสบายในการอยู่อาศัยภายในอาคารเฉกเช่นเดิมไม่เคยเปลี่ยนแปลง

แนวทางการวิจัยและพัฒนาเชิงบูรณาการด้านการประหยัดพลังงานเกิดขึ้นเมื่อภาครัฐและภาคเอกชนสนใจประเด็นการอนุรักษ์พลังงานมากขึ้น จึงเกิดการวิจัยและพัฒนางานด้านการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานอย่างเต็มตัว ซึ่งเป็นการนำผลงานวิจัยมาผสมผสานกับการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานที่มีมาตรฐานสูงกว่ากฎหมายควบคุมอาคาร เน้นการสร้างอาคารให้มีคุณภาพดีแต่ราคาไม่เพิ่มขึ้น และมีคุณภาพชีวิตภายในอาคารที่ดี โดยมีแนวทางเพื่อหาคำตอบใหม่ (New Solution) ดังนี้

- การพัฒนาศักยภาพของผู้ออกแบบ
- การเข้าใจตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ
- การใช้ศักยภาพจากสภาพแวดล้อม
- การพัฒนาวัสดุก่อสร้างคุณภาพสูง
- การคำนึงถึงคุณภาพชีวิตที่ดีของผู้ใช้อาคาร

แนวทางการวิจัยและพัฒนาเชิงบูรณาการด้านการประหยัดพลังงานเน้นตัวแปรสำคัญ ได้แก่

- สภาวะน่าสบาย
- สภาพแวดล้อม
- อาคาร วัสดุและสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น

สภาวะน่าสบาย (Thermal comfort)

"สภาวะน่าสบาย" หรือ ***"ความสบายด้านความรู้สึกร้อนหนาว"*** หมายถึง ความพึงพอใจในสภาพแวดล้อมด้านความรู้สึกร้อนหนาวที่สภาพแวดล้อมในอาคารทำหน้าที่ควบคุมให้อยู่ในสภาพแวดล้อมดังกล่าว โดยสภาวะน่าสบายอาจอธิบายว่าเป็นสภาวะที่ร่างกายไม่รู้สึกร้อนหรือหนาว ซึ่งกำหนดช่วงหรือขอบเขตของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์ในสภาวะที่ร่างกายปกติไว้เป็นมาตรฐาน โดยทั่วไปหมายถึงโซน (Zone) ที่มนุษย์ตัดสินไม่ได้ว่าร้อนหรือหนาว เรียกว่า "เขตสบาย" (Comfort zone) (American Society of Heating Refrigeration and Condition Engineering [ASHRAE], 2001; สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

สภาวะน่าสบายประกอบด้วย 6 ตัวแปร คือ

1. อุณหภูมิอากาศ (Air temperature)
2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) หรือความดันของไอน้ำในอากาศ (Water Vapor Pressure in Ambient Air)
3. อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature, MRT) หรือการแผ่รังสีจากสภาพแวดล้อม (Radiation)
4. ความเร็วลม (Air Velocity) หรือการเคลื่อนไหวของอากาศ (Air Movement)
5. เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo-value) หรือค่าความเป็นฉนวนของเสื้อผ้าที่สวมใส่ (Thermal Resistance of the Cloth)
6. อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolism Rate) หรือระดับของกิจกรรม (Activity Level) หรือการผลิตความร้อนในร่างกาย (Heat Production in the Body) ซึ่งขึ้นอยู่กับกิจกรรม

ตัวแปรทั้งหก สามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มตัวแปร คือตัวแปรหรือองค์ประกอบด้านสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับงานสถาปัตยกรรม ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ และความเร็วลม กับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับตัวบุคคล ได้แก่ เสื้อผ้าที่สวมใส่ และอัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย

ภาพที่ 35 ตัวแปรทางด้านสภาวะน่าสบาย

(สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 2)

การวิเคราะห์สภาวะน่าสบายทำได้โดยอาศัยแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1) แผนภูมิไบโอไคลเมติก (Bioclimatic chart)

2) แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychometric chart)

1) แผนภูมิไบโอไคลเมติก

แผนภูมิไบโอไคลเมติกเป็นแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อแสดงให้เห็นเขตสบาย โดยผลการศึกษา (Olgyay, 1973) พบว่า มนุษย์จะรู้สึกสบายเมื่อ

- **อุณหภูมิอากาศ**

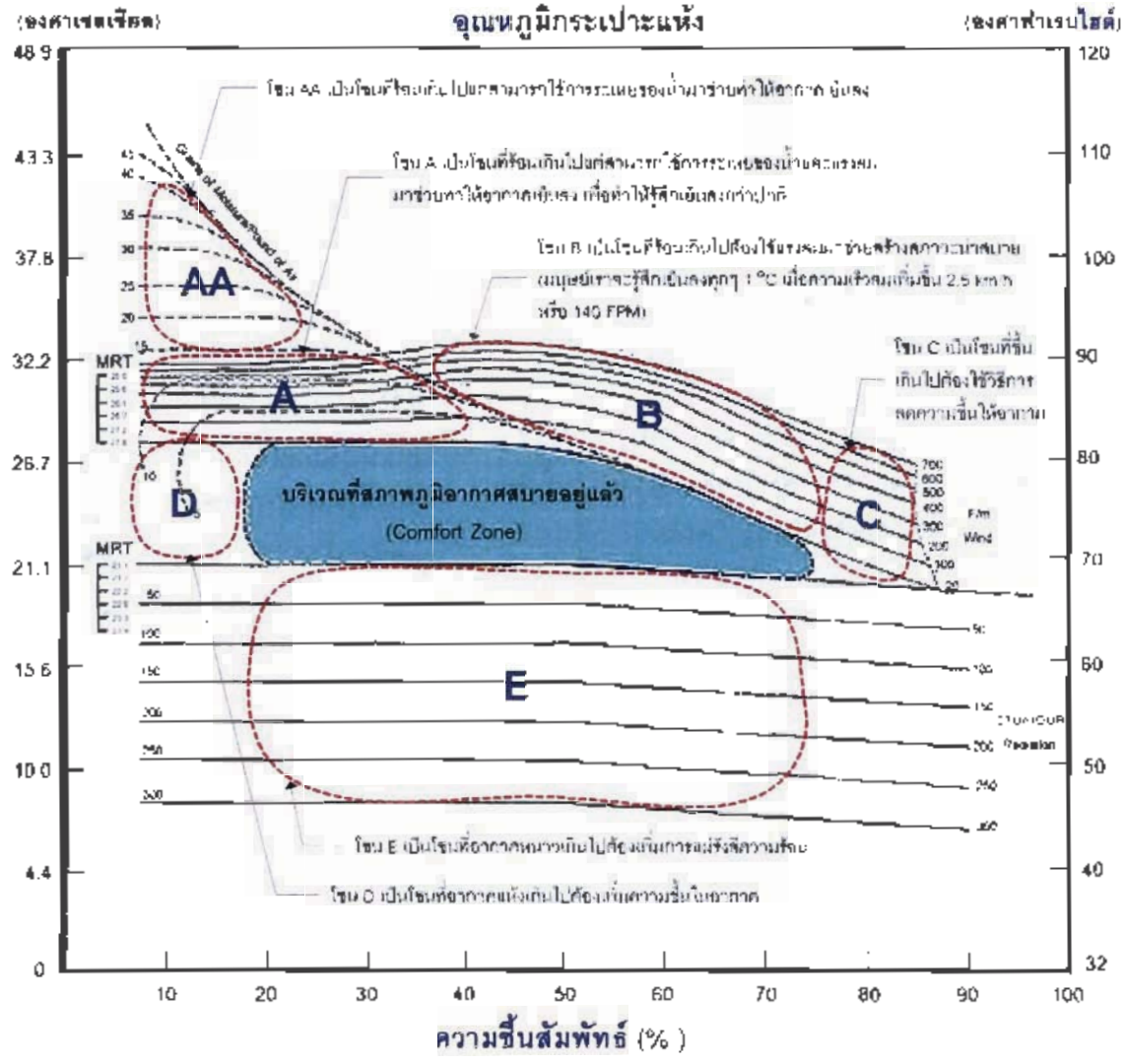
อุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 21.1-27.8 องศาเซลเซียส (70-82 องศาฟาเรนไฮต์)

- **ความชื้นสัมพัทธ์**

ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 20-75 %

แผนภูมิไบโอไคลเมติกสามารถใช้อธิบายเทคนิคการปรุงแต่งสภาพแวดล้อม เพื่อให้สภาพอากาศที่อยู่นอกเขตสบายกลับเข้าสู่เขตสบาย หรือให้มีความรู้สึกเสมือนอยู่ในเขตสบายได้

ประเทศไทยที่อยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มักมีสภาพอากาศอยู่ในโซน B และ C ดังนั้นการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมของโซน B จึงสามารถใช้อิทธิพลของแรงลม และอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ เพื่อช่วยให้เกิดความรู้สึกเสมือนอยู่ในเขตสบาย จากการที่ร่างกายสูญเสียความร้อนด้วยการแผ่รังสีสู่สภาพแวดล้อม ส่วนการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมของโซน C คือการลดปริมาณความชื้นในอากาศ (ดังแผนภูมิที่ 5)



แผนภูมิที่ 5 แผนภูมิไบโอไคลเมติก (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 39)

เขตสบายที่แสดงในแผนภูมิไบโอไคลเมติก มีเงื่อนไขดังนี้

- **อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ** กำหนดให้อุณหภูมิอากาศมีค่าเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยของผนัง
- **ความเร็วลม** ค่อนข้างสงบ 0-1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (0-50 ฟุตต่อนาที)
- **เสื้อผ้าที่สวมใส่** มีลักษณะการแต่งกายเป็นแบบล้ำสมัย
- **อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย** บุคคลอยู่ในอิริยาบทปกติสบาย ๆ เช่น นั่งอ่านหนังสือ นั่งเล่น เป็นต้น

การออกแบบอาคารในแนวทางการวิจัยและพัฒนาเชิงบูรณาการด้านการประหยัดพลังงานประกอบด้วย การคำนึงถึงพฤติกรรมการใช้งานในอาคาร สามารถแบ่งพื้นที่ใช้สอยในอาคารเป็น 3 ส่วน โดยอาศัยแผนภูมิไบโอโคลเมติก ได้แก่

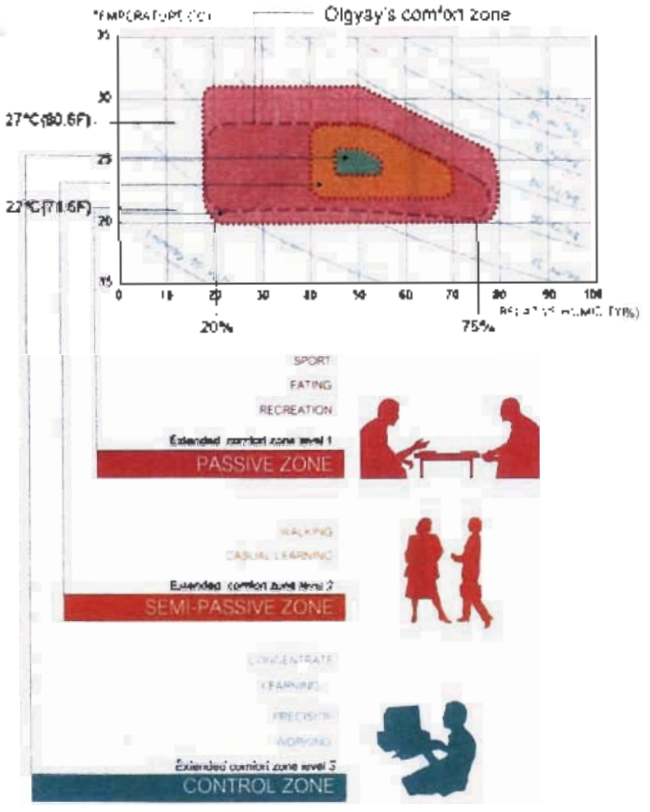
1. พื้นที่ควบคุมด้วยระบบธรรมชาติ (Passive zone)
2. พื้นที่กึ่งควบคุมสภาพแวดล้อม (Semi-passive zone)
3. พื้นที่ควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างสมบูรณ์ (Control zone)

(สุนทร บุญญาธิการ, 2545)

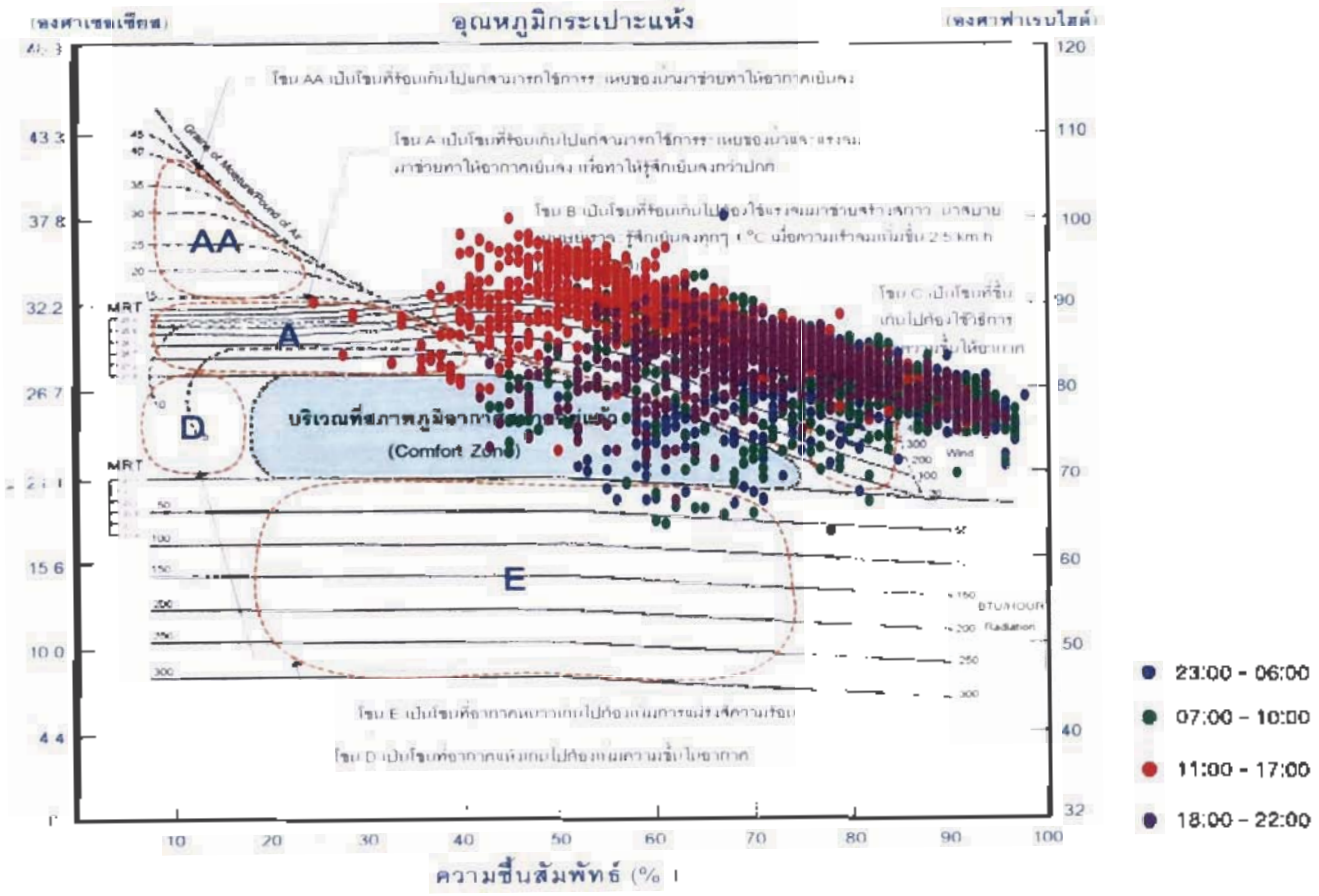
พื้นที่ควบคุมด้วยระบบธรรมชาติเป็นพื้นที่ซึ่งอาศัยตัวอาคารและองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมต่าง ๆ ในการป้องกันอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอก

พื้นที่กึ่งควบคุมสภาพแวดล้อมเป็นพื้นที่ที่ต้องการสร้างสภาพแวดล้อมให้ดีกว่าพื้นที่ควบคุมด้วยระบบธรรมชาติ

พื้นที่ควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างสมบูรณ์เป็นพื้นที่ที่ต้องการคุณภาพชีวิตในระดับสูงสุดเพื่อให้การทำกิจกรรมในพื้นที่มีประสิทธิภาพสูงสุด จึงมีการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติอย่างเต็มที่และนำระบบเครื่องกลเข้ามาเสริม เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมภายในพื้นที่ให้คงที่ตลอดเวลา



ภาพที่ 36 การแบ่งโซนพื้นที่ใช้งานให้เหมาะสมกับกิจกรรม (สุนทร บุญญาธิการ, 2545)

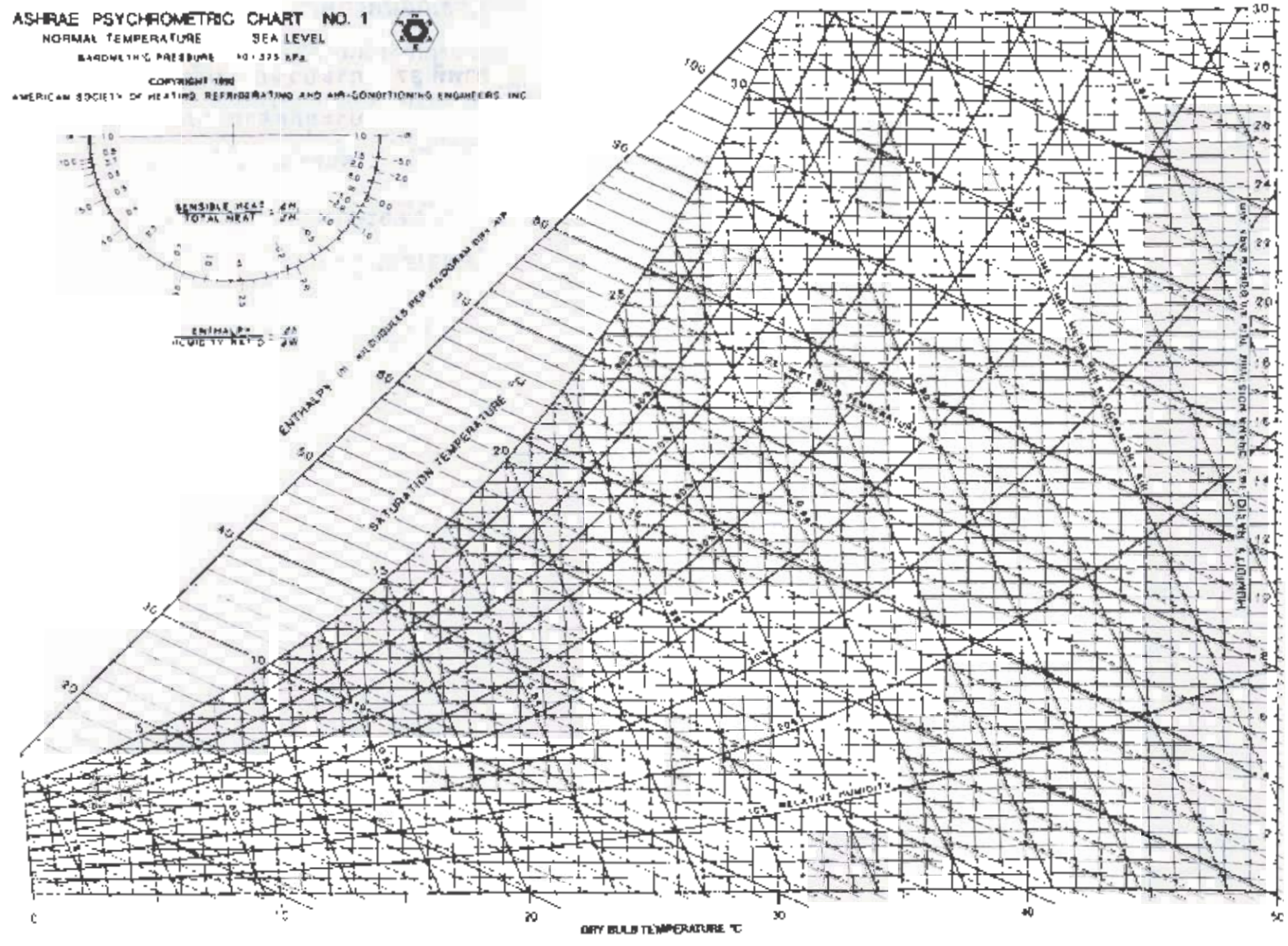


แผนภูมิที่ 6 อุณหภูมิและความชื้นของกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2550 เมื่อไม่มีอิทธิพลของลม

ผลการวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2550 (ชญาณิน จิตรานุเคราะห์, 2550) พบว่า สภาพภูมิอากาศส่วนใหญ่มีลักษณะร้อนจัด โดยเฉพาะในช่วงเวลา 11.00-17.00 น. และมีความชื้นมากเกินไปในช่วงเวลา 18.00-06.00 น. โดยอยู่นอกเขตสบายเกือบตลอดทั้งปี เมื่อไม่มีอิทธิพลของลม ซึ่งจัดอยู่ในและอยู่เหนือโซน B และ C ทำให้ต้องใช้อิทธิพลของกระแสลม และอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย หรือนำมาเป็นปัจจัยในการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เพื่อเอื้ออำนวยต่อการประหยัดพลังงานให้เกิดขึ้นได้ เช่น การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมบริเวณผิวดินและผิวหญ้าที่เปียกชื้น หรือผิวน้ำในร่ม เพื่อทำให้เกิดการระเหยของน้ำซึ่งส่งผลให้สภาพแวดล้อมเย็นลง ส่วนการลดปริมาณความชื้นในอากาศยังมีความจำเป็นอย่างมาก เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินกว่าใช้สภาพแวดล้อมตามธรรมชาติปรุงแต่งให้เกิดความสบายได้

2) แผนภูมิไซโครเมตริก

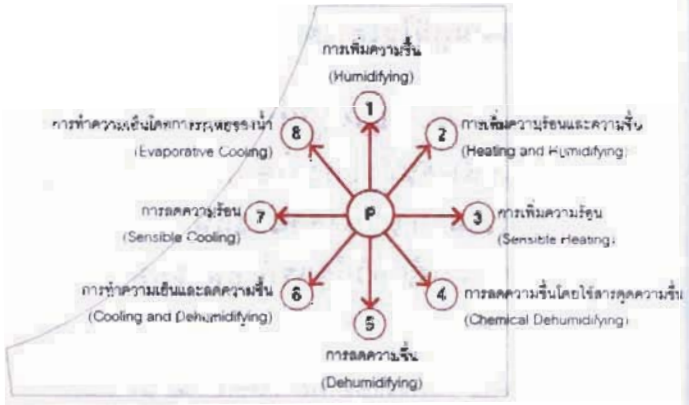
แผนภูมิไซโครเมตริกเป็นแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสภาวะอากาศ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพิจารณาเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการปรับสภาพอากาศ



แผนภูมิที่ 7 แผนภูมิไบโอไคลเมติก หน่วยของศาเซลเซียส (ASHRAE, 2001)

ศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ (2542) อธิบายการควบคุมสภาวะอากาศโดยการใช้แผนภูมิไซโครเมตริกมาพิจารณาประยุกต์ใช้กระบวนการปรับสภาพอากาศที่เหมาะสม เพื่อเป็นเครื่องมือในการออกแบบ และทำความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรบนแผนภูมิด้วยเส้นพื้นฐาน ดังนี้

1. เส้นแนวตั้งที่แสดงค่าของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง[3]
2. เส้นแนวนอนที่แสดงค่าความชื้นจำเพาะ (น้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศแห้ง)
3. เส้นแนวโค้งที่แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์
4. เส้นแนวทะแยงที่แสดงอุณหภูมิกระเปาะเปียก[4]



ภาพที่ 37 กระบวนการปรับสภาพอากาศโดยใช้การประยุกต์จากการอ่านแผนภูมิไซโครเมตริก (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 247)

กระบวนการปรับสภาพอากาศจากจุด P ไปในทิศทางต่าง ๆ บนแผนภูมิ ได้แก่

จุด P ไปจุด 1 ใช้การเพิ่มความชื้นให้กับอากาศ
จุด P ไปจุด 2 ใช้การเพิ่มความร้อนและความชื้นให้กับอากาศ
จุด P ไปจุด 3 ใช้การเพิ่มความร้อนให้กับอากาศ
จุด P ไปจุด 4 ใช้การลดความชื้นให้กับอากาศ โดยใช้สารดูดความชื้น (กระบวนการทางเคมี)
จุด P ไปจุด 5 ใช้การลดความชื้นให้กับอากาศ
จุด P ไปจุด 6 ใช้การทำความเย็น (ลดความร้อน) และความชื้นให้กับอากาศ
จุด P ไปจุด 7 ใช้การลดความร้อนให้กับอากาศ
จุด P ไปจุด 8 ใช้การทำความเย็นให้กับอากาศ ด้วยการระเหยของน้ำ

---

[3] อุณหภูมิอากาศที่วัดค่าได้จากเครื่องมือวัดอุณหภูมิซึ่งไม่ได้รับอิทธิพลจากการแผ่ความร้อนของแหล่งกำเนิดความร้อนต่าง ๆ เช่น ดวงอาทิตย์ เครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

[4] อุณหภูมิต่ำสุดที่วัดค่าได้จากเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ซึ่งตัววัดอุณหภูมิ (sensor) ถูกหุ้มด้วยผ้าหรือสำลีชุบน้ำ และมีความเร็วลมพัดผ่านจนทำให้เกิดการระเหยของน้ำในบริเวณนั้น

สภาพแวดล้อม (Environment)

สภาพแวดล้อมภายนอกอาคารที่เหมาะสมเป็นแนวทางสำคัญในการสร้างสภาวะน่าสบายให้กับพื้นที่ โดยการปรุงแต่งสภาพแวดล้อม (Microclimate Modification) โดยการทำให้สภาพแวดล้อมมีระดับอุณหภูมิที่ต่ำเท่าที่ธรรมชาติจะเอื้ออำนวยได้เพื่อสร้างความเย็น ทำให้อุณหภูมิอากาศภายนอกเข้าใกล้สภาวะน่าสบายมากยิ่งขึ้นและลดความต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร ทำให้เอื้อประโยชน์ต่อการอยู่อาศัยและการประหยัดพลังงาน

การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมมีตัวแปรที่สำคัญดังนี้

1. การใช้ประโยชน์จากไม้ยืนต้น

ไม้ยืนต้นทั้งระดับบน (ต้นไม้ใหญ่) และระดับกลาง (ไม้พุ่ม) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีประสิทธิภาพในการลดความรุนแรงของอุณหภูมิอากาศช่วงเวลากลางวัน เนื่องจากต้นไม้ต้องสังเคราะห์แสงโดยการดูดน้ำจากรากและระเหยเป็นไอออกทางปากใบซึ่งเป็นการช่วยลดอุณหภูมิอากาศได้โดยตรง

นอกจากนี้ต้นไม้ใหญ่ยังสร้างร่มเงา เพื่อป้องกันไม่ให้แสงแดดหรือรังสีดวงอาทิตย์ (Solar radiation) ตกกระทบพื้นดินและเกิดการสะสมความร้อนที่บริเวณผิวดินด้านล่าง ดังนั้นหากไม้ยืนต้นที่มีพุ่มใบสร้างร่มเงาและมีรูปทรงสูงจะช่วยทำให้กระแสลมธรรมชาติที่พัดผ่านใต้พุ่มใบเป็นกระแสลมเย็น

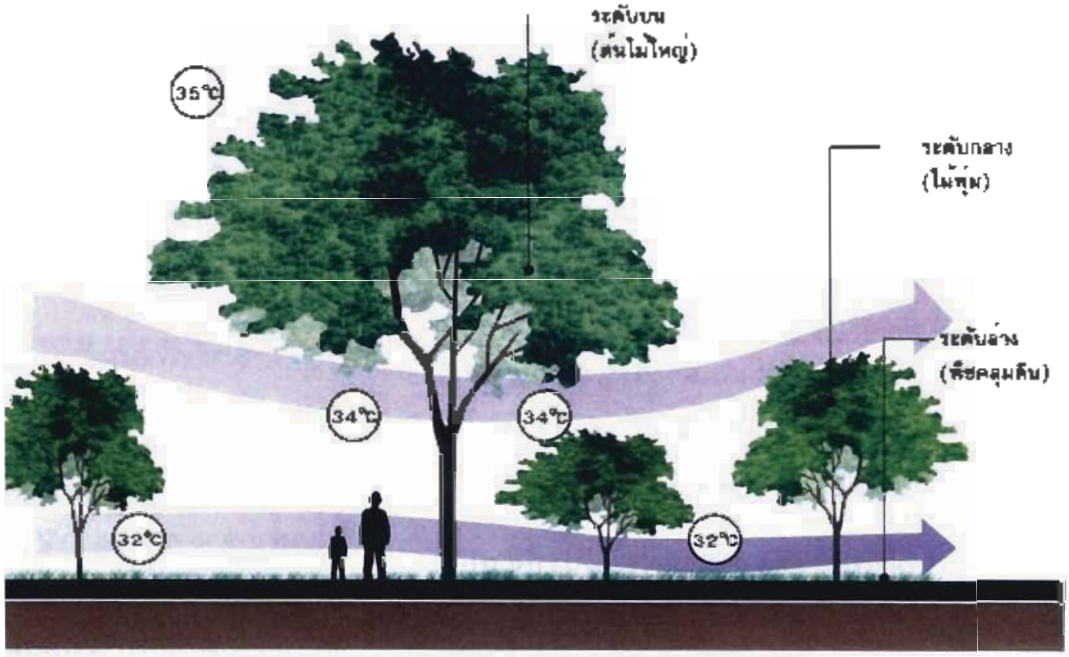
2. การใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดิน

การใช้พืชปกคลุมดินเป็นการลดอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ที่มีต่อผิวดิน ช่วยป้องกันการสะสมความร้อนในมวลสารของดินแห้ง นอกจากนี้การคายน้ำของพืชคลุมดินยังช่วยลดอุณหภูมิผิวดินและสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อม

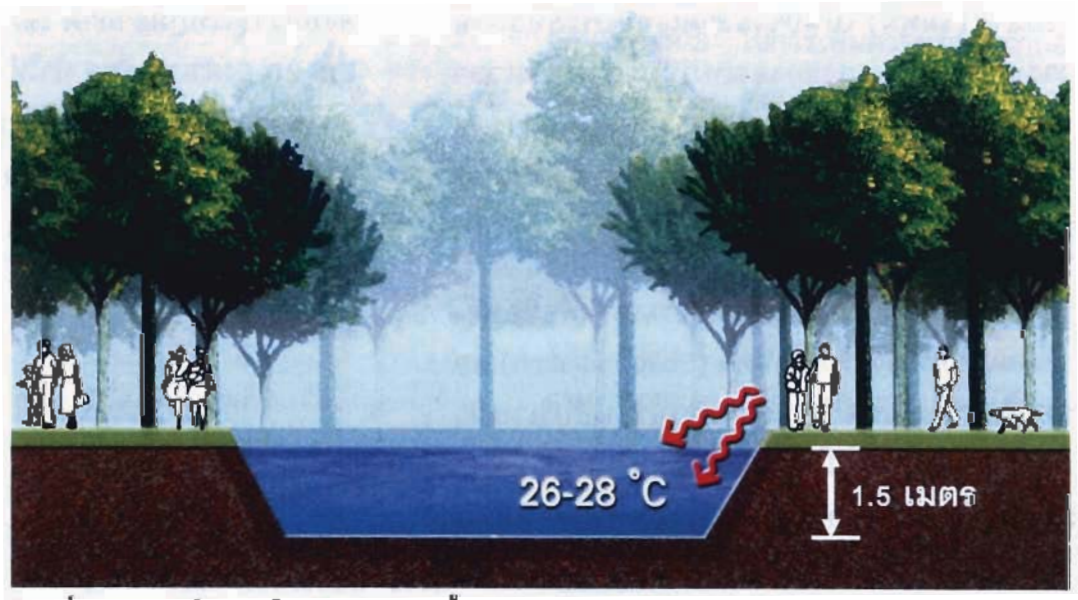
3. การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ

แหล่งน้ำหรือสระน้ำตามธรรมชาติมีประสิทธิภาพในการดูดซับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ในเวลากลางวัน และการระเหยของน้ำทำให้อากาศในบริเวณโดยรอบนั้นเย็นลงแต่ก็เพิ่มความชื้น ซึ่งสามารถลดความชื้นได้โดยการระบายอากาศที่ดี

แหล่งน้ำที่มีความลึกประมาณ 1.5 เมตร จะมีค่าความจุความร้อนเพียงพอที่ทำให้มีอุณหภูมิต่ำและคงที่กว่าอุณหภูมิอากาศ โดยน้ำจะมีอุณหภูมิประมาณ 26-28 องศาเซลเซียส ทำให้ร่างกายรู้สึกเย็นสบายจากการแผ่รังสีของผิวกายให้กับผิวน้ำ เนื่องจากอุณหภูมิแหล่งน้ำต่ำกว่าอุณหภูมิผิวมนุษย์ ซึ่งเกิดจากปัจจัยที่สำคัญต่อการสร้างสภาวะน่าสบาย คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ



ภาพที่ 38 การใช้ประโยชน์จากไม้ยืนต้นและพืชคลุมดิน (สุนทร บุญญาธิการ, 2547: 31)



ภาพที่ 39 การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ (ดัดแปลงจาก สุนทร บุญญาธิการ, 2545: 69)

4. การใช้ประโยชน์จากวัสดุปูพื้นดิน

วัสดุปูพื้นผิวแข็ง (Hardscape) ที่มีมวลสารมาก เช่น ถนน พื้นผิวที่เป็นหิน อิฐ ยางมะตอย คอนกรีต เป็นต้น เมื่อได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงจะดูดซับความร้อนไว้ภายในมวลสาร ในช่วงเวลากลางวันจะคายความร้อนให้กับอากาศบริเวณพื้นที่ตลอดเวลา แม้แต่เวลากลางคืนความร้อนที่สะสมไว้ยังส่งผลให้อุณหภูมิอากาศเหนือพื้นผิวแข็งมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศปกติ สภาพพื้นผิวที่ดูดซับความร้อนเมื่อโดนแดดจะมีอุณหภูมิสูงมาก โดยพื้นผิวคอนกรีตจะสูงถึงประมาณ 40 องศาเซลเซียส ทำให้ร่างกายรู้สึกร้อนจากการแผ่รังสีของพื้นผิวคอนกรีตเข้าสู่ผิวกาย

วัสดุปูพื้นผิวอ่อน (Softscape) ที่มีมวลสารน้อย วัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนต่ำ หรือเป็นวัสดุที่สามารถนำน้ำจากใต้ดินมาระเหยเป็นไอน้ำได้ดี เช่น พื้นผิวหญ้า จะช่วยให้สภาพแวดล้อมเย็นลงได้ สภาพพื้นผิวที่ชุ่มชื้นอยู่ใต้ร่มเงาจะมีอุณหภูมิต่ำ โดยพื้นผิวหญ้าเปียกในร่มจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ทำให้ร่างกายรู้สึกเย็นจากการแผ่รังสีความร้อนจากผิวกายสู่สภาพแวดล้อมที่เย็นกว่า

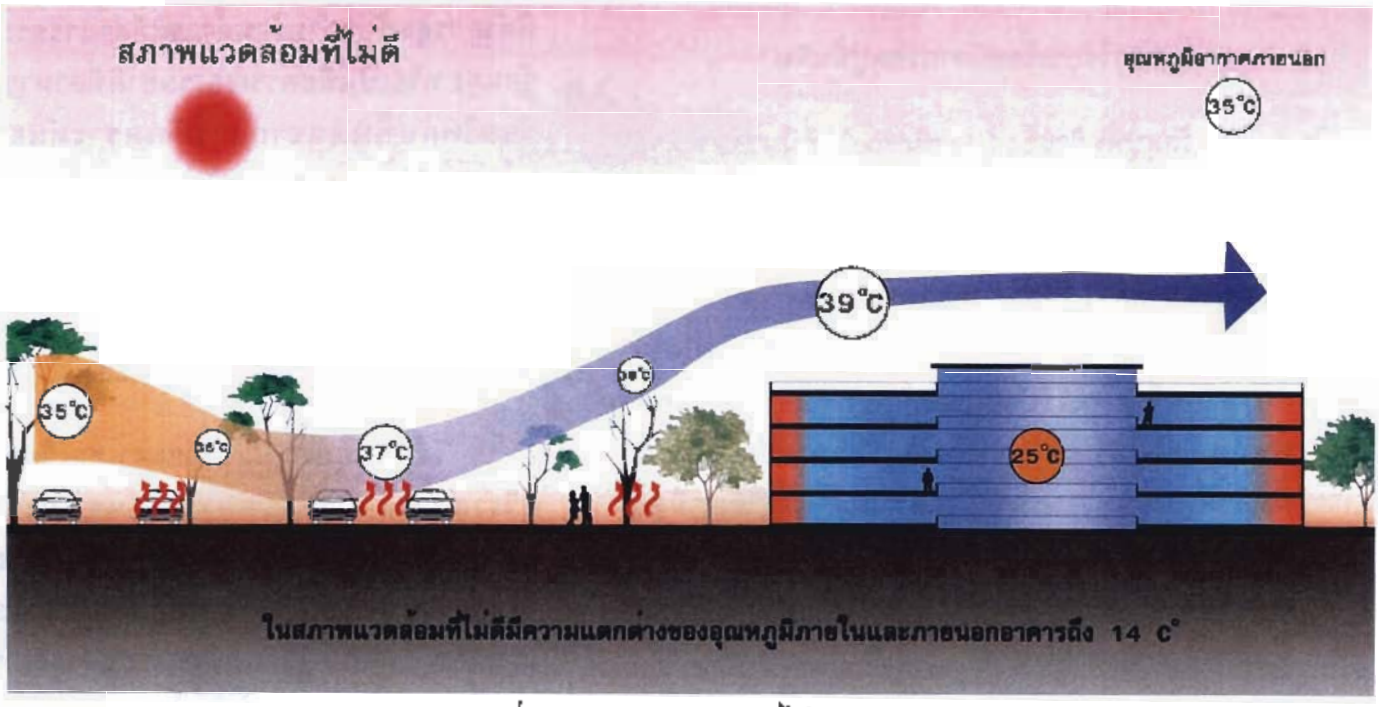
วัตถุประสงค์ในการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมเพื่อลดอุณหภูมิอากาศที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนกับพื้นผิวโดยรอบ ดังนั้นการออกแบบภูมิทัศน์ภายนอกที่เหมาะสมสำหรับเมืองร้อนชื้นจึงควรลดวัสดุที่เป็นพื้นผิวแข็ง หรือป้องกันไม่ให้พื้นผิวแข็งได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยการออกแบบให้อยู่ในร่มเงา ควรเลือกวัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนต่ำและมีค่าการกระจายความร้อนสูง หรือเป็นพืชพรรณธรรมชาติที่สามารถลดความร้อนให้กับพื้นดินจากการสังเคราะห์แสง ผลการเปรียบเทียบสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันระหว่างสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม พบว่า

- สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

เมื่อลมอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ไหลผ่านบริเวณที่มีพื้นผิวสะสมความร้อนสูง จะทำให้ลมมีอุณหภูมิสูงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ อากาศภายในบริเวณดังกล่าวจึงสูงกว่าอุณหภูมิอากาศปกติ กลายเป็น 39 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าสภาวะน่าสบาย และสูงกว่าอุณหภูมิภายในบ้านหากควบคุมให้อยู่ในสภาวะน่าสบายที่ 25 องศาเซลเซียส อยู่ถึง 14 องศาเซลเซียส ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานสูงมาก

- สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

เมื่อลมอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสไหลผ่านบริเวณที่มีพื้นผิวตามธรรมชาติ เช่น ต้นไม้ แหล่งน้ำ ดินเปียก ที่มีพื้นผิวเย็น จะทำให้ลมมีอุณหภูมิลดลงเรื่อย ๆ อากาศภายในบริเวณนั้นจึงต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศปกติ กลายเป็น 32 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าสภาวะน่าสบาย และสูงกว่าอุณหภูมิภายในบ้านหากควบคุมให้อยู่ในสภาวะน่าสบายที่ 25 องศาเซลเซียส อยู่เพียง 7 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้พลังงานน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม



ภาพที่ 40 สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

ภาพที่ 41 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

อาคารและวัสดุก่อสร้าง

รูปทรงอาคารเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการแลกเปลี่ยนความร้อนและความชื้น ดังนั้นรูปทรงที่มีพื้นที่ผิวน้อยจึงช่วยป้องกันอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอกซึ่งส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานที่น้อยลง เป็นการช่วยประหยัดพลังงานในอาคารอีกวิธีหนึ่ง

วัสดุที่ใช้ก่อสร้างอาคารโดยเฉพาะวัสดุเปลือกอาคารมีความสำคัญต่อการป้องกันความร้อนจากสภาพแวดล้อม การเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารที่เหมาะสมจะสามารถประหยัดพลังงานได้เป็นอย่างดี โดยวัสดุต้องลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในอาคารในกรณีที่อุณหภูมิอากาศภายนอกร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศภายใน หรือภายในอาคารเป็นพื้นที่ปรับอากาศ นอกจากนั้นวัสดุควรมีการกักเก็บหรือสะสมความร้อนต่ำ

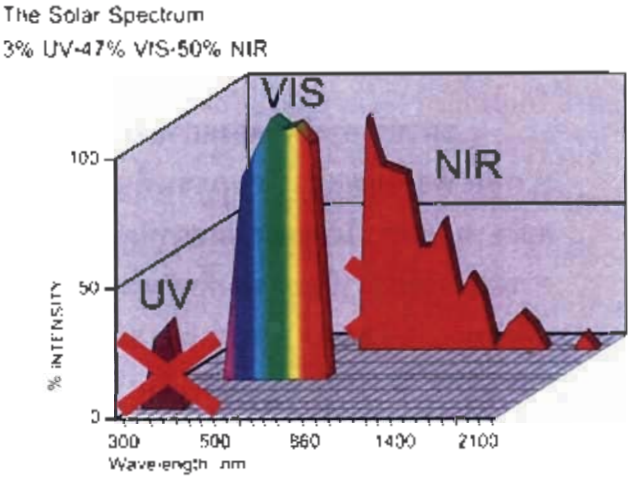
วัสดุเปลือกอาคารที่มีอิทธิพลต่อการประหยัดพลังงานสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทสำคัญ ได้แก่ วัสดุทึบแสง และวัสดุโปร่งแสง

- วัสดุทึบแสง

การเลือกวัสดุทึบแสงควรใช้วัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อนซึ่งสามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงได้เป็นอย่างดี โดยวัสดุที่มีค่าความเป็นฉนวนสูง หรือมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำจะช่วยป้องกันไม่ให้ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารมากเกินไป ทำให้มีภาระการทำความเย็นน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารที่ใช้วัสดุทั่วไป

- วัสดุโปร่งแสง

การเลือกใช้กระจกที่เหมาะสมสำหรับสภาพภูมิอากาศในเขตร้อนชื้นควรใช้กระจกที่ลดอัตราการนำความร้อนโดยไม่ลดคุณภาพแสงสว่าง คือป้องกันได้ทั้งรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) และรังสีอินฟราเรด (NIR) ขณะที่ยอมให้คลื่นแสงที่สามารถมองเห็นได้ (VIS) ผ่านเข้ามา ซึ่งเป็นการป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร แต่ยอมให้แสงสว่างผ่านให้มากที่สุด



ภาพที่ 42 การลดปริมาณแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ของกระจกสีตัดแสง

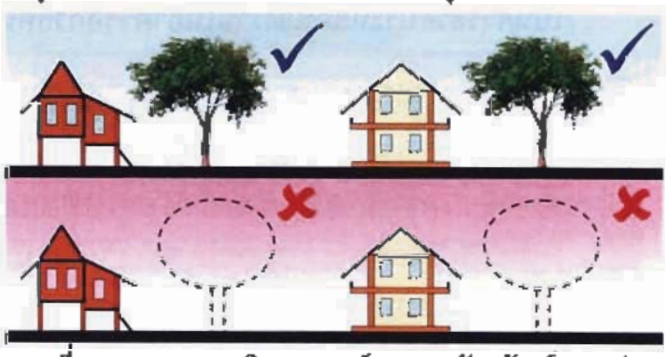
เมื่อออกแบบอาคารและเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่เหมาะสมแล้ว จึงใช้ระบบปรับอากาศมาปรับความสบายตามต้องการ

การผสมผสานแนวคิดของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นกับงานระบบวิศวกรรม

การผสมผสานแนวคิดของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นกับงานระบบวิศวกรรม คือการคำนึงถึงทิศทางในการวางผังอาคาร (Orientation) ที่เหมาะสมกับประเทศไทย จากแนวคิดเดิมของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นไทย (Vernacular Thai Architecture) รวมทั้งการใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติอย่างสมบูรณ์แบบมาใช้เป็นหลักในการออกแบบอาคาร หากภายในอาคารไม่อยู่ในสภาวะน่าสบายจึงใช้เครื่องกลมาปรับอากาศให้เกิดความสบายมากขึ้นตามช่วงเวลาที่ต้องการ เช่น ใช้พัดลมเพื่อเพิ่มความเร็วลม (wind velocity) ให้เกิดความรู้สึกเย็นแก่ผู้ใช้อาคาร หรือใช้เครื่องปรับอากาศ

แนวทางการวิจัยของสถาปัตยกรรมแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นไทย และกลุ่มพลังงาน ผลการวิจัยของกลุ่มสถาปัตยกรรมในไทย เช่น การศึกษาวิจัยสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นไทยเพื่อการประหยัดพลังงาน (2547) พบว่าการสร้างสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารให้สมบูรณ์ดังเดิมเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างความร่มเย็น ซึ่งส่งผลกระทบต่อความสบายภายในสถาปัตยกรรมไทย โดยเฉพาะเรือนพักอาศัยที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ ขณะที่ผลการวิจัยของกลุ่มพลังงาน เช่น การทำฐานข้อมูลผนังอาคารในประเทศไทยสำหรับการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน (2548) พบว่าวัสดุผนังอาคารที่เหมาะสมกับภูมิอากาศร้อนชื้นควรมีค่าความต้านทานความร้อนสูง ไม่เก็บสะสมความร้อนความชื้นหรือมีค่าความจุความร้อนความชื้นต่ำ โครงการจัดวางและออกแบบองค์ประกอบในภูมิทัศน์เพื่อการประหยัดพลังงาน (2548) พบว่าการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารให้เหมาะสมและเอื้อประโยชน์ต่อการอนุรักษ์พลังงานเป็นแนวความคิดหลักประการหนึ่งของการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน

กลุ่มสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นไทย *กลุ่มพลังงาน*



ภาพที่ 43 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสถาปัตยกรรมและสภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อมที่ดีในอดีตเอื้อต่อความสบายในสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น และสถาปัตยกรรมรูปแบบใหม่ ขณะที่การทำลายสภาพแวดล้อมในปัจจุบันก่อให้เกิดความไม่สบายทั้งกลุ่มสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น และกลุ่มพลังงาน

สถาปัตยกรรมพื้นถิ่นไทย

ภาพที่ 44 ผลสรุปความสัมพันธ์ระหว่างสถาปัตยกรรมและสภาพแวดล้อม

ผลการวิจัยของทั้งกลุ่มสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น และกลุ่มพลังงานสนับสนุนการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้ดี

ผลการวิจัยสรุปได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. ผลการวิจัยกลุ่มสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นไทย
   เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยน ควรสร้างสภาพแวดล้อมใหม่ให้สมบูรณ์เหมือนเดิม

2. ผลการวิจัยกลุ่มพลังงาน
   เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยน ควรปรับปรุงวัสดุและการออกแบบ รวมทั้งสร้างสภาพแวดล้อมใหม่ให้สมบูรณ์จะช่วยลดการใช้พลังงานในอาคาร

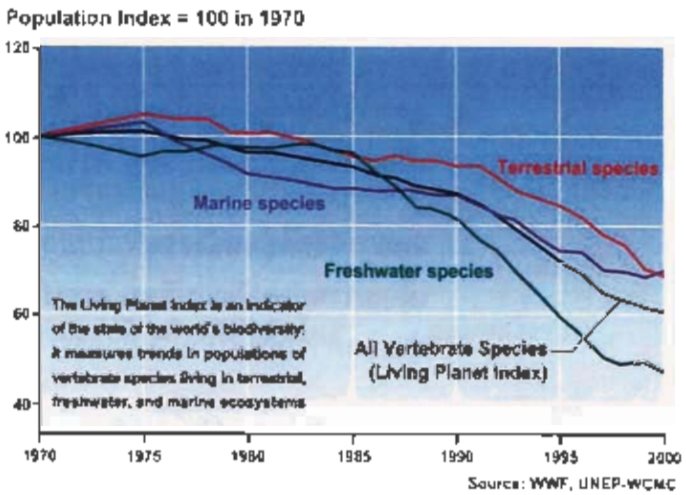
แนวทางการวิจัยและพัฒนาเชิงบูรณาการด้านการประหยัดพลังงานส่งผลให้การออกแบบเครื่องกลของอาคารใช้พลังงานลดลง จากเดิมที่ช่างติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั่วไปคิดค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศประมาณ 8 - 12 ตารางเมตรต่อตัน แต่ผลการวิจัยและพัฒนาจากความร่วมมือของกลุ่มสถาปนิกและวิศวกรทำให้อาคารที่ออกแบบด้วยแนวทางดังกล่าวสามารถคิดค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเป็น 50 - 100 ตารางเมตรต่อตัน ซึ่งพบว่าใช้พลังงานลดลง 5 - 10 เท่า

อย่างไรก็ตามแม้จะมีการวิจัยและพัฒนาเชิงบูรณาการด้านการประหยัดพลังงานอย่างเต็มที่แล้ว อาคารในแนวทางนี้ยังใช้พลังงานอยู่เช่นเดิม ตัวอย่างของอาคารในแนวทางนี้ ได้แก่ บ้านประหยัดพลังงาน มหาวิทยาลัยชินวัตร อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ อาคารหน่วยบัญชาการทหารพัฒนา เป็นต้น

ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสภาพแวดล้อมอย่างรุนแรงที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก ก่อให้เกิดการตระหนักถึงความสำคัญและการพยายามหาแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อมนุษยชาติ เมื่อนักวิทยาศาสตร์ได้ตรวจพบรูโหว่ขนาดใหญ่ของชั้นโอโซนเหนือทวีปอาร์คติก บริเวณขั้วโลกเหนือ การลดลงของชั้นโอโซนในบรรยากาศ (Ozone Depletion) ได้ขยายวงกว้างขึ้นทุกปี ส่งผลให้รังสีอัลตราไวโอเลต (UV) สามารถผ่านเข้าสู่พื้นโลกในปริมาณมากขึ้น ซึ่งเป็นอันตรายมากต่อสิ่งมีชีวิต เช่น การเกิดมะเร็งผิวหนังของมนุษย์ การทำลายพืชผลการเกษตร การลดลงของปริมาณสัตว์น้ำในทะเล เป็นต้น นานาชาติจึงทำความร่วมมือภายใต้ "ข้อตกลงมอลทรีออล" (Montreal Protocol) ณ เมืองมอนทรีออล ประเทศแคนาดา ในการยกเลิกการใช้สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbon: CFC) ในอุตสาหกรรม และใช้สารชนิดอื่นที่ไม่ทำลายชั้นโอโซนแทน

ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างผิดปกติทั่วทุกมุมโลก เช่น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศ การเกิดคลื่นความร้อนสูง การเกิดภาวะน้ำฝนเพิ่มปริมาณสูงมาก และการเปลี่ยนพฤติกรรมของสัตว์และพืช เป็นผลกระทบที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ขณะที่การละลายของน้ำแข็งขั้วโลก และการละลายของน้ำแข็งที่ปกคลุมบนยอดเขาทั่วโลก รวมทั้งภัยธรรมชาติที่ร้ายแรงเพิ่มขึ้นเป็นประเด็นสำคัญที่ทำให้เกิดการศึกษาถึงสาเหตุของการเกิดสภาวะโลกร้อน (global warming) ผลการศึกษาวิจัยพบว่าอุณหภูมิของโลกสูงขึ้นที่ชั้นบรรยากาศเนื่องจากการเกิดสภาวะเรือนกระจก (The greenhouse gas effect) เมื่อชั้นบรรยากาศของโลกถูกปกคลุมด้วยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases: GHGs) ซึ่งจะสกัดกั้นไม่ให้รังสีความร้อนที่ผ่านเข้ามาในชั้นบรรยากาศสะท้อนออกจากผิวโลกได้น้อยลง โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นมากที่สุดนับตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรมเมื่อ พ.ศ. 2293 (ค.ศ. 1750) เป็นต้นมา (Dow, K and Downing, T.E., 2006)

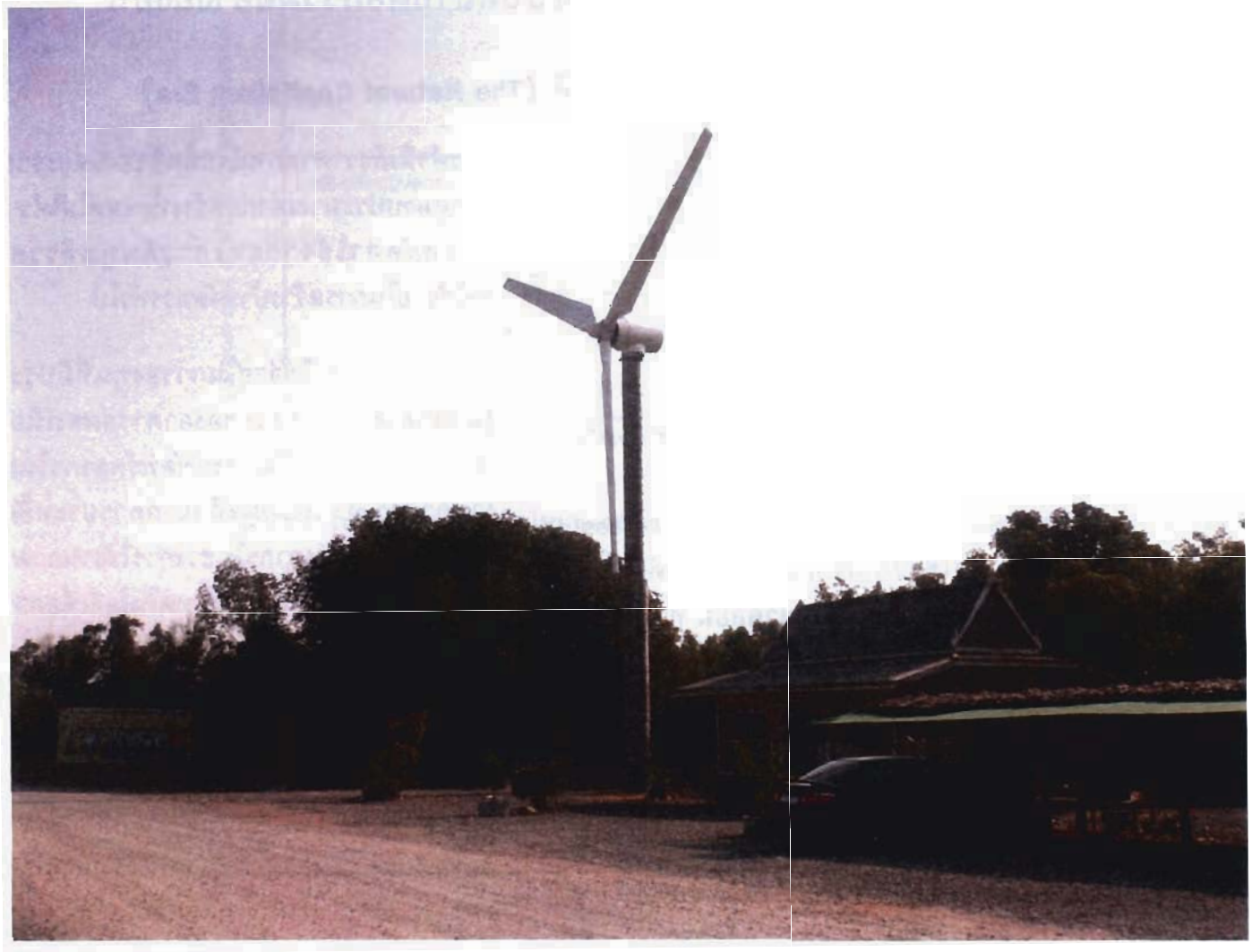
เมื่อโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่กองทุนสัตว์ป่าโลกสากล (World Wide Fund for Nature: WWF) พบว่าความหลากหลายของชนิด (Species) ของสิ่งมีชีวิตกลับลดลงถึงประมาณร้อยละ 30 ระหว่างปี พ.ศ. 2543 - พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 1970 - ค.ศ. 2000)



แผนภูมิที่ 8 ดัชนีสิ่งมีชีวิตในโลก (The Living Planet Index, 1970-2000) (ดัดแปลงจาก Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

ผลจากการที่สิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์มีปริมาณลดลงทำให้อาหารสำหรับมนุษย์มีน้อยลง ในขณะที่จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนเกิดปัญหาการขาดแคลนอาหารในหลายประเทศทั่วโลก หากแต่การลดพลังงาน โดยเฉพาะพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป (Non-renewable energy) ประเภทเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil fuel) เพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกยังไม่เพียงพอต่อการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ในเวลาต่อมาจึงเกิดการส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงความสำคัญของสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การพัฒนาแบบยั่งยืน (Sustainable development) การใช้พลังงานสะอาดและเทคโนโลยีสะอาด (Clean energy and Green energy) การใช้พลังงานทดแทน (Renewable energy)

คน 6,000 ล้านคน ใช้พลังงาน 50 ตร.ม. / ตัน = โลก 3 ใบ



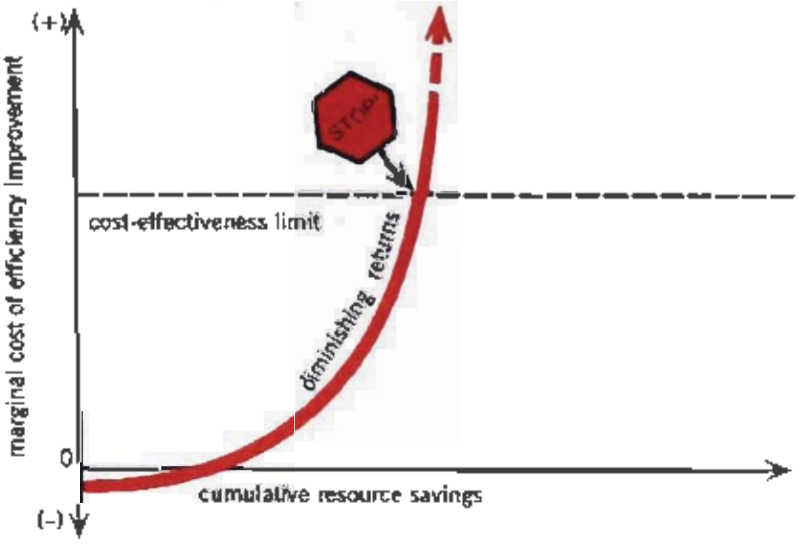
ภาพที่ 45 การใช้พลังงานทดแทน

4. การเปลี่ยนแกนความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมอย่างยั่งยืน

4.1 แนวความคิดยุคทุนจากธรรมชาติ (The Natural Capitalism Era)

วิกฤตด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมทำให้มนุษย์ต้องหาทางออกในการแสวงหาพลังงานโดยเฉพาะพลังงานทดแทน เพื่อตอบสนองการใช้งานในชีวิตประจำวัน รวมทั้งการหมุนเวียน (Recycle) นำกลับมาใช้เพื่อรักษาและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม เช่น การนำน้ำที่ใช้แล้วมาบำบัดและหมุนเวียนนำมาใช้อีก แต่การประหยัดพลังงานหรือประหยัดทรัพยากรด้วยเทคโนโลยีต่าง ๆ ต้องมีค่าใช้จ่ายสูงเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาถึงขอบเขตความคุ้มค่าการลงทุน (cost-effectiveness limit) มักพบว่า ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นไม่คุ้มค่าต่อการประหยัดพลังงานหรือการพิทักษ์สิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดการระงับการลงทุน (ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4) เนื่องจากการคำนึงถึงราคาต่อหน่วยพื้นที่ของแต่ละรายการ เป็นการควบคุมงบประมาณค่าก่อสร้างทั้งหมดไม่ให้ราคาสูงเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายและการคืนทุนที่รวดเร็ว เช่น ค่าใช้จ่ายในการสร้างบ้านจัดสรรทั่วไป

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ ค่าใช้จ่ายรวมของอาคารลดลงเนื่องจากการประหยัดพลังงานหรือประหยัดทรัพยากรในช่วงการใช้งานอาคาร หรือเงินที่เหลือจากการประหยัดพลังงานหรือประหยัดทรัพยากรในช่วงการใช้งานอาคารมีมูลค่าสูงกว่าเงินที่เสียไปในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการประหยัดพลังงาน



แผนภูมิที่ 9 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายกับการประหยัดพลังงานหรือทรัพยากร

(ดัดแปลงจาก Hawken, Lovins, and Lovins, 1999: 113)

ผลการวิจัยสรุปได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. ผลการวิจัยกลุ่มสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นไทย
   เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยน ควรสร้างสภาพแวดล้อมใหม่ให้สมบูรณ์เหมือนเดิม

2. ผลการวิจัยกลุ่มพลังงาน
   เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยน ควรปรับปรุงวัสดุและการออกแบบ รวมทั้งสร้างสภาพแวดล้อมใหม่ให้สมบูรณ์จะช่วยลดการใช้พลังงานในอาคาร

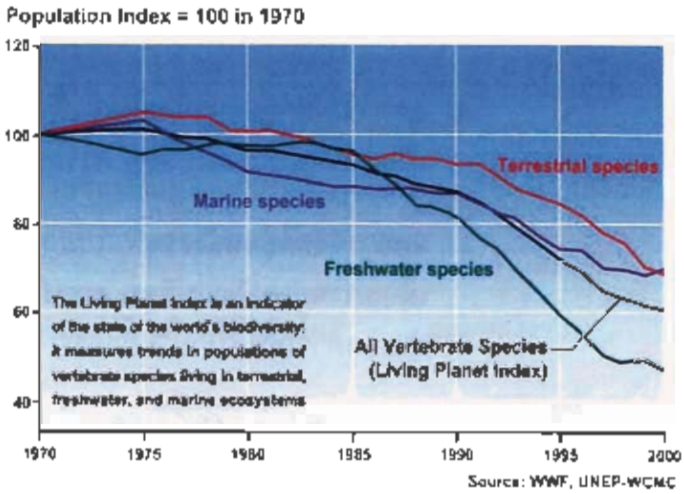
แนวทางการวิจัยและพัฒนาเชิงบูรณาการด้านการประหยัดพลังงานส่งผลให้การออกแบบเครื่องกลของอาคารใช้พลังงานลดลง จากเดิมที่ช่างติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั่วไปคิดค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศประมาณ 8 - 12 ตารางเมตรต่อตัน แต่ผลการวิจัยและพัฒนาจากความร่วมมือของกลุ่มสถาปนิกและวิศวกรทำให้อาคารที่ออกแบบด้วยแนวทางดังกล่าวสามารถคิดค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเป็น 50 - 100 ตารางเมตรต่อตัน ซึ่งพบว่าใช้พลังงานลดลง 5 - 10 เท่า

อย่างไรก็ตามแม้จะมีการวิจัยและพัฒนาเชิงบูรณาการด้านการประหยัดพลังงานอย่างเต็มที่แล้ว อาคารในแนวทางนี้ยังใช้พลังงานอยู่เช่นเดิม ตัวอย่างของอาคารในแนวทางนี้ ได้แก่ บ้านประหยัดพลังงาน มหาวิทยาลัยชินวัตร อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ อาคารหน่วยบัญชาการทหารพัฒนา เป็นต้น

ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสภาพแวดล้อมอย่างรุนแรงที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก ก่อให้เกิดการตระหนักถึงความสำคัญและการพยายามหาแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อมนุษยชาติ เมื่อนักวิทยาศาสตร์ได้ตรวจพบรูโหว่ขนาดใหญ่ของชั้นโอโซนเหนือทวีปอาร์คติก บริเวณขั้วโลกเหนือ การลดลงของชั้นโอโซนในบรรยากาศ (Ozone Depletion) ได้ขยายวงกว้างขึ้นทุกปี ส่งผลให้รังสีอัลตราไวโอเลต (UV) สามารถผ่านเข้าสู่พื้นโลกในปริมาณมากขึ้น ซึ่งเป็นอันตรายมากต่อสิ่งมีชีวิต เช่น การเกิดมะเร็งผิวหนังของมนุษย์ การทำลายพืชผลการเกษตร การลดลงของปริมาณสัตว์น้ำในทะเล เป็นต้น นานาชาติจึงทำความร่วมมือภายใต้ "ข้อตกลงมอลทรีออล" (Montreal Protocol) ณ เมืองมอนทรีออล ประเทศแคนาดา ในการยกเลิกการใช้สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbon: CFC) ในอุตสาหกรรม และใช้สารชนิดอื่นที่ไม่ทำลายชั้นโอโซนแทน

ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างผิดปกติทั่วทุกมุมโลก เช่น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศ การเกิดคลื่นความร้อนสูง การเกิดภาวะน้ำฝนเพิ่มปริมาณสูงมาก และการเปลี่ยนพฤติกรรมของสัตว์และพืช เป็นผลกระทบที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ขณะที่การละลายของน้ำแข็งขั้วโลก และการละลายของน้ำแข็งที่ปกคลุมบนยอดเขาทั่วโลก รวมทั้งภัยธรรมชาติที่ร้ายแรงเพิ่มขึ้น เป็นประเด็นสำคัญที่ทำให้เกิดการศึกษาถึงสาเหตุของการเกิดสภาวะโลกร้อน (global warming) ผลการศึกษาวิจัยพบว่าอุณหภูมิของโลกสูงขึ้นที่ชั้นบรรยากาศเนื่องจากการเกิดสภาวะเรือนกระจก (The greenhouse gas effect) เมื่อชั้นบรรยากาศของโลกถูกปกคลุมด้วยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases: GHGs) ซึ่งจะสกัดกั้นไม่ให้รังสีความร้อนที่ผ่านเข้ามาในชั้นบรรยากาศสะท้อนออกจากผิวโลกได้น้อยลง โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นมากที่สุดนับตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรมเมื่อ พ.ศ. 2293 (ค.ศ. 1750) เป็นต้นมา (Dow, K and Downing, T.E., 2006)

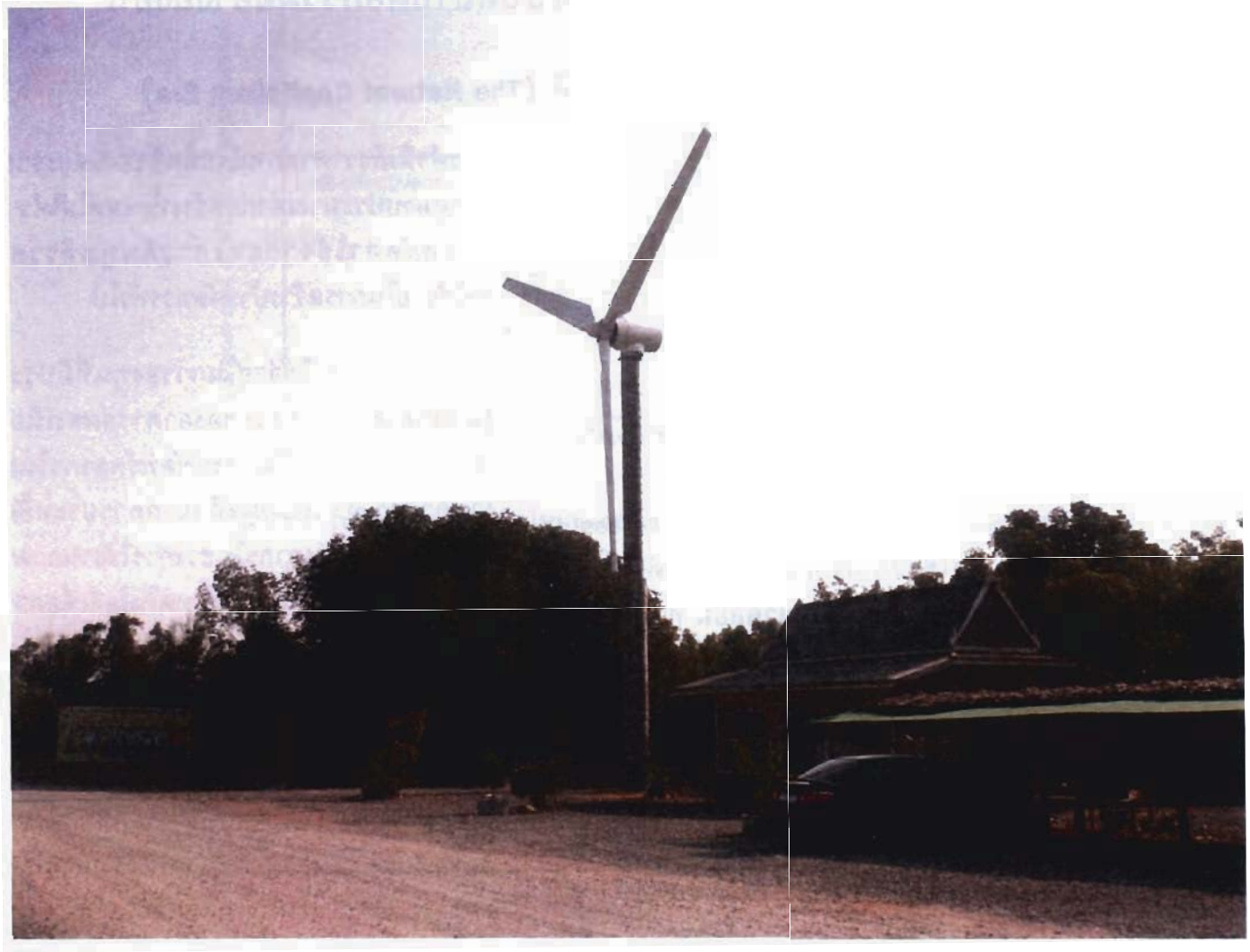
เมื่อโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่กองทุนสัตว์ป่าโลกสากล (World Wide Fund for Nature: WWF) พบว่าความหลากหลายของชนิด (Species) ของสิ่งมีชีวิตกลับลดลงถึงประมาณร้อยละ 30 ระหว่างปี พ.ศ. 2543 - พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 1970 - ค.ศ. 2000)



แผนภูมิที่ 8 ดัชนีสิ่งมีชีวิตในโลก (The Living Planet Index, 1970-2000) (ดัดแปลงจาก Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

ผลจากการที่สิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์มีปริมาณลดลงทำให้อาหารสำหรับมนุษย์มีน้อยลง ในขณะที่จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนเกิดปัญหาการขาดแคลนอาหารในหลายประเทศทั่วโลก หากแต่การลดพลังงาน โดยเฉพาะพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป (Non-renewable energy) ประเภทเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil fuel) เพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกยังไม่เพียงพอต่อการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ในเวลาต่อมาจึงเกิดการส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงความสำคัญของสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การพัฒนาแบบยั่งยืน (Sustainable development) การใช้พลังงานสะอาดและเทคโนโลยีสะอาด (Clean energy and Green energy) การใช้พลังงานทดแทน (Renewable energy)

คน 6,000 ล้านคน ใช้พลังงาน 50 ตร.ม. / ตัน = โลก 3 ใบ



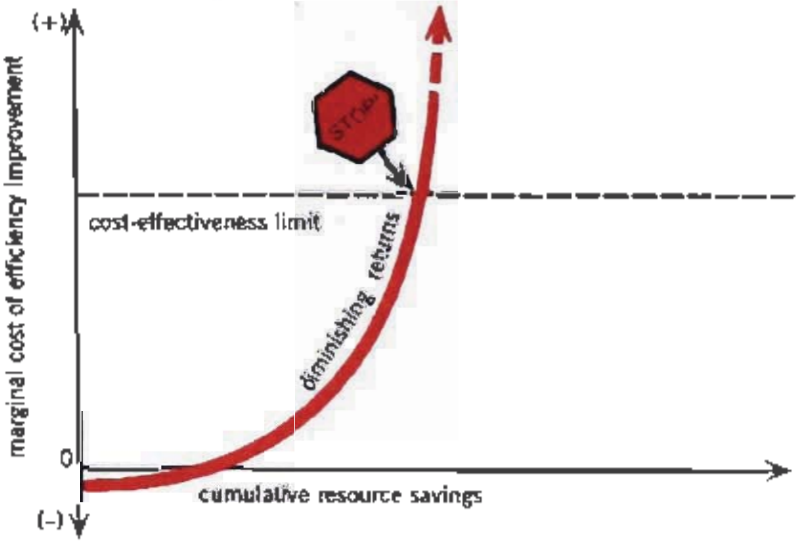
ภาพที่ 45 การใช้พลังงานทดแทน

4. การเปลี่ยนแกนความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมอย่างยั่งยืน

4.1 แนวความคิดยุคทุนจากธรรมชาติ (The Natural Capitalism Era)

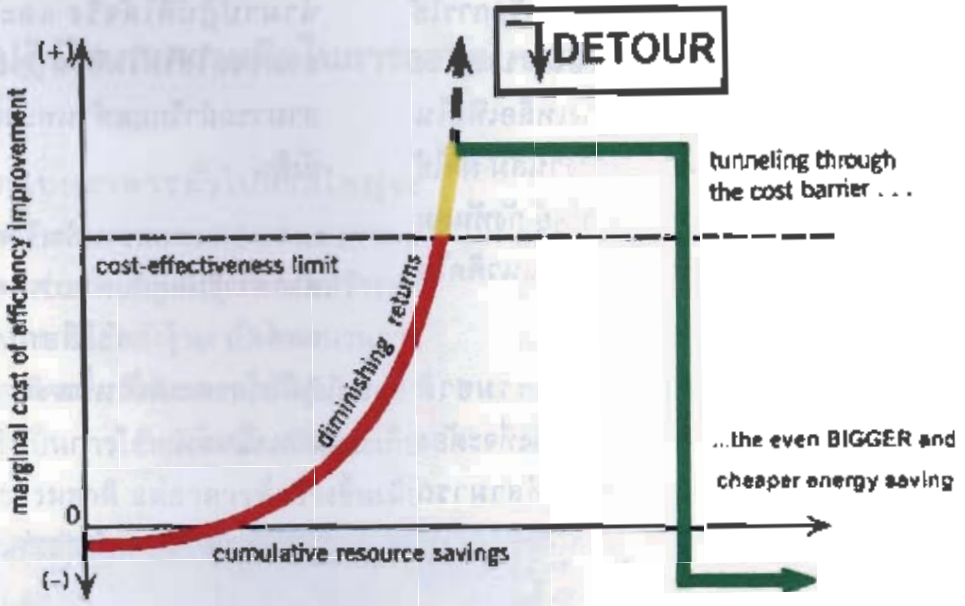
วิกฤตด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมทำให้มนุษย์ต้องหาทางออกในการแสวงหาพลังงานโดยเฉพาะพลังงานทดแทน เพื่อตอบสนองการใช้งานในชีวิตประจำวัน รวมทั้งการหมุนเวียน (Recycle) นำกลับมาใช้เพื่อรักษาและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม เช่น การนำน้ำที่ใช้แล้วมาบำบัดและหมุนเวียนนำมาใช้อีก แต่การประหยัดพลังงานหรือประหยัดทรัพยากรด้วยเทคโนโลยีต่าง ๆ ต้องมีค่าใช้จ่ายสูงเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาถึงขอบเขตความคุ้มค่าการลงทุน (cost-effectiveness limit) มักพบว่า ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นไม่คุ้มค่าต่อการประหยัดพลังงานหรือการพิทักษ์สิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดการระงับการลงทุน (ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4) เนื่องจากการคำนึงถึงราคาต่อหน่วยพื้นที่ของแต่ละรายการ เป็นการควบคุมงบประมาณค่าก่อสร้างทั้งหมดไม่ให้ราคาสูงเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายและการคืนทุนที่รวดเร็ว เช่น ค่าใช้จ่ายในการสร้างบ้านจัดสรรทั่วไป

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ ค่าใช้จ่ายรวมของอาคารลดลงเนื่องจากการประหยัดพลังงานหรือประหยัดทรัพยากรในช่วงการใช้งานอาคาร หรือเงินที่เหลือจากการประหยัดพลังงานหรือประหยัดทรัพยากรในช่วงการใช้งานอาคารมีมูลค่าสูงกว่าเงินที่เสียไปในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการประหยัดพลังงาน



แผนภูมิที่ 9 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายกับการประหยัดพลังงานหรือทรัพยากร

(ดัดแปลงจาก Hawken, Lovins, and Lovins, 1999: 113)



แผนภูมิที่ 10 เปรียบเทียบแนวคิดใหม่ของค่าใช้จ่ายกับการประหยัดพลังงานหรือทรัพยากร

(ดัดแปลงจาก Hawken, Lovins, and Lovins, 1999: 114)

การประหยัดพลังงานหรือประหยัดทรัพยากรมากขึ้นต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพของการประหยัดพลังงานหรือประหยัดทรัพยากรจะเริ่มชะลอตัวลงเมื่อเพิ่มค่าใช้จ่ายสูงขึ้นตามแนวคิดเดิม แต่หากลงทุนเพิ่มมากยิ่งขึ้นในการประหยัดพลังงานหรือประหยัดทรัพยากร (ดังแสดงในแผนภูมิที่ 10) โดยเพิ่มองค์ความรู้จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและประสบการณ์ในการประหยัดพลังงาน จะก่อให้เกิดทางลัดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมลดลง รวมทั้งส่งผลให้เกิดการคุ้มทุนเร็วยิ่งขึ้น เนื่องจากการเพิ่มค่าใช้จ่ายเพื่อการประหยัดพลังงานหรือประหยัดทรัพยากรอย่างเต็มระบบนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายจากการลดรายการในส่วนของงานระบบอื่น ๆ

ดังนั้นการเปรียบเทียบงบประมาณโดยรวมเมื่อคำนึงถึงภาพรวมทั้งการบริหารจัดการ เช่น ค่าใช้จ่ายในการสร้างบ้านแบบประหยัดพลังงานจะมีราคาใกล้เคียงกับราคาการสร้างบ้านแบบทั่วไป แต่ประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงกว่ามาก

เมื่อเปลี่ยนแนวคิดใหม่ในการประหยัดพลังงานหรือประหยัดทรัพยากรพบว่า การลดพลังงานของอาคารลง 15 เท่า จะเพิ่มค่าใช้จ่ายสูงกว่าการลดพลังงานของอาคารลง 5 เท่า แต่ผลของการลดพลังงานอาคารมากยิ่งขึ้นช่วยลดค่าใช้จ่ายในระบบของอุปกรณ์เครื่องจักรและเครื่องกลต่าง ๆ ส่งผลให้การลงทุนรวมของอาคารในแนวคิดใหม่เท่ากับการลงทุนรวมในแนวคิดเดิม

การเปลี่ยนแกนความคิดใหม่ หรือการใช้แนวความคิดยุคทุนจากธรรมชาติเป็นการสร้างแนวความคิดเพื่อนำพลังงานที่มีอยู่อย่างเหลือเฟือในธรรมชาติ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม มาใช้ประโยชน์ โดยมีแผงผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ กังหันลม เป็นตัวอย่างแรงงานทางเทคโนโลยีที่รองรับแนวคิดในยุคนี้

มนุษย์เริ่มก้าวเข้าสู่ยุคทุนธรรมชาติ ขณะเดียวกันกับที่มนุษย์มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องขยายผลแนวคิดการใช้ทุนจากธรรมชาติให้สามารถนำมาปฏิบัติได้จริง และให้เป็นแนวคิดที่คนทั่วไปสามารถใช้ได้ในชีวิตประจำวัน เพื่อเป็นทางออกที่สามารถฝ่าวิกฤตด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน

ความสำเร็จของการขยายผลของแนวคิดดังกล่าวขึ้นอยู่กับตัวแปรหลาย ๆ ด้าน เช่น การพัฒนาองค์ความรู้ การเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น ความร่วมมือร่วมใจของทุกภาคส่วน เป็นต้น

ภาพที่ 46 การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในยุคทุนธรรมชาติของบ้านชีวาทิตย์ (สุนทร บุญญาธิการ, 2547)

4.2 การปฏิวัติแกนความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรม

ผู้ออกแบบอาคารทั่วไปส่วนใหญ่จะคำนึงถึงการสร้างความสบายและตอบสนองความต้องการใช้งานของอาคารการลดต้นทุนค่าก่อสร้างลดค่าใช้จ่ายต่างๆ และลดการใช้พลังงาน เป็นกระบวนการของ ***"แกนความคิดเดิมที่ต้องการใช้ให้น้อยลง"*** (Consumeless) ซึ่งเป็นการใช้พลังงานในลักษณะเก็บเกี่ยวประโยชน์จากธรรมชาติ แต่อาคารที่สร้างขึ้นเมื่อวิเคราะห์ในระบบรวมยังต้องใช้พลังงานอยู่นั่นเอง

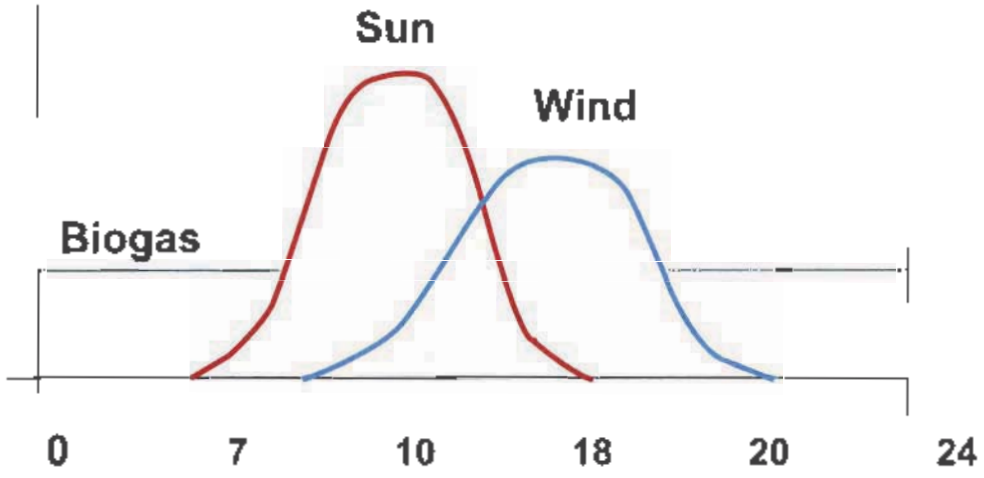
เมื่อแกนความคิด (Paradigm) ของการออกแบบที่อยู่อาศัยได้เปลี่ยนแนวทางใหม่ เป็นกระบวนการของ ***"แกนความคิดใหม่ที่ต้องใช้ให้ต่ำกว่าการผลิต"*** (more production than consumption) ซึ่งแตกต่างจากแนวทางเดิมอย่างสิ้นเชิง จึงเกิดจุดเปลี่ยนที่สำคัญของมนุษยชาติทำให้มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่พัฒนาขึ้น โดยผู้ออกแบบอาคารในแนวทางใหม่จะคำนึงถึงภาพรวมของการผลิตพลังงานและการบริโภคพลังงานในอาคารในประเด็นต่าง ๆ เช่น การใช้พลังงานทดแทนจากธรรมชาติ การใช้ประโยชน์จากการปรับสภาพแวดล้อม การเลือกวัสดุก่อสร้างที่มีคุณภาพและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง การสร้างคุณภาพชีวิตในการอยู่อาศัยที่ดี เป็นต้น ซึ่งเป็นการใช้พลังงานในลักษณะที่ใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ โดยอาคารที่สร้างขึ้นเมื่อวิเคราะห์ในระบบรวมจะมีพลังงานเหลือใช้

ผู้ออกแบบที่ปฏิวัติแกนความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรม จำเป็นต้องปรับวิธีการออกแบบเพื่อหาทางนำพลังงานทดแทน และทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อให้อัตราการผลิตพลังงานสูงกว่าอัตราการบริโภคพลังงานในอาคาร โดยมีตัวอย่างวิธีการออกแบบ ดังนี้

1. การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาหรือผนังอาคาร ต้องมากกว่าอัตราการใช้พลังงานอันเกิดจากลักษณะการใช้สอยและระบบเครื่องกลของอาคารทั้งหมด จึงจะมีพลังงานเหลือให้อาคารหรือชุมชนอื่น ๆ ได้ใช้พลังงานส่วนเกินเหล่านี้ทุกวัน

2. การใช้กังหันลมช่วยหมุนเครื่องกลหรือผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในระบบอาคารในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์

3. การใช้พลังงานจากการหมักก๊าซชีวภาพของระบบบำบัด โดยใช้แหล่งสารอินทรีย์จากห้องน้ำ น้ำเสีย เศษอาหาร และเศษกิ่งไม้ใบไม้จากสวนรอบอาคาร โดยก๊าซชีวภาพที่ได้สามารถนำไปใช้ในการประกอบอาหารโดยตรง หรือใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์และกระแสลม

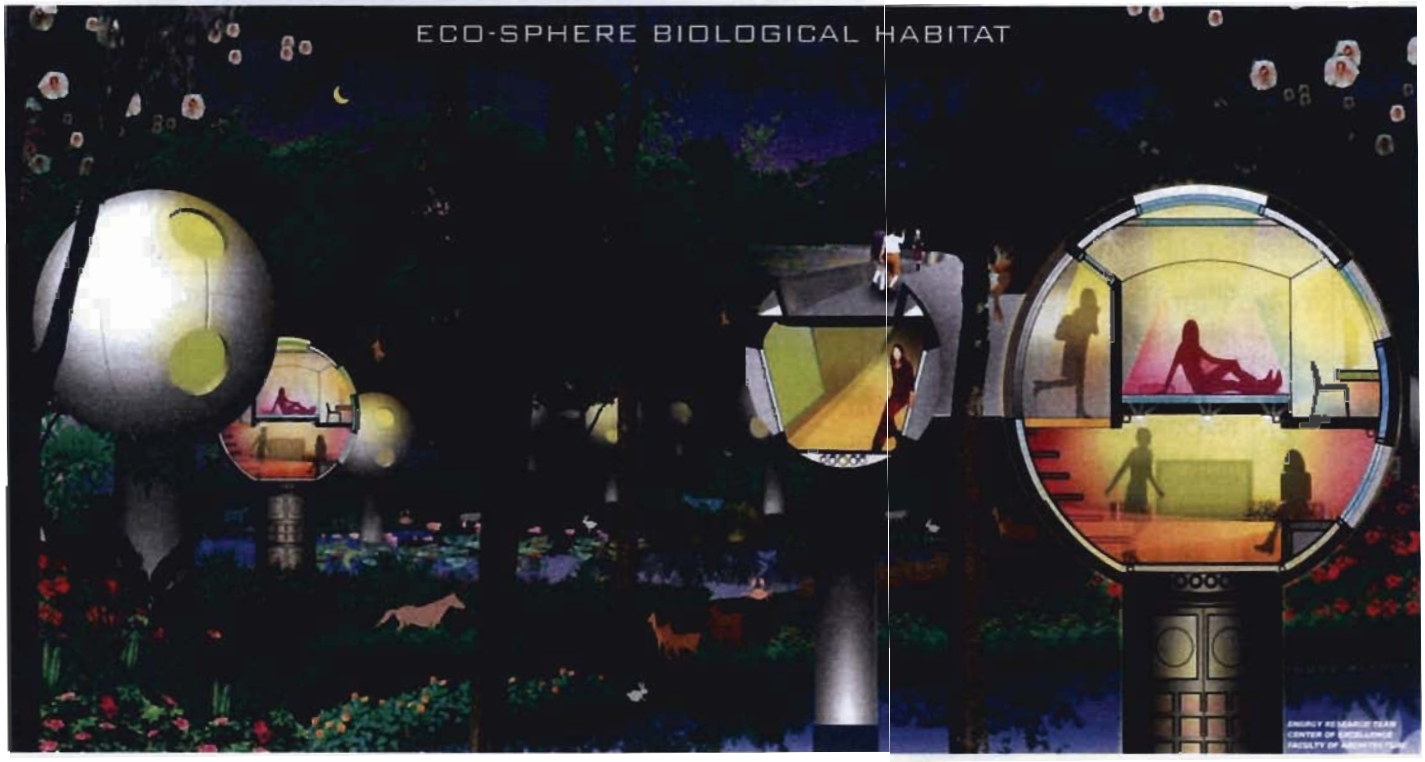


แผนภูมิที่ ๑๑ ปริมาณพลังงานทดแทนที่สามารถนำมาใช้ได้
ในอาคารภูมิอากาศร้อนชื้น ของประเทศไทย

ปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ทำให้การปฏิวัติแกนความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมประสบความสำเร็จ คือ ปริมาณความต้องการการใช้พลังงานทั้งหมดในอาคารต้องต่ำกว่าปริมาณพลังงานที่ผลิตได้จากพลังงานธรรมชาติในพื้นที่นั้น ๆ เพราะเป็นการแก้ปัญหาสภาพแวดล้อมที่ต้นเหตุอย่างแท้จริง มีหลักการสำคัญ ได้แก่

- การให้ความสำคัญกับการออกแบบในลักษณะองค์รวม
- การออกแบบจากฐานความรู้ด้านการอนุรักษ์พลังงาน
- การมุ่งเน้นการใช้พลังงานทดแทนภายในอาคาร

ผลที่ได้รับจากการปฏิวัติแกนความคิดใหม่ (New Paradigm Shift) คือ อาคารสามารถอยู่ได้ด้วยตัวเอง และเป็นสถาปัตยกรรมอย่างยั่งยืน (sustainable architecture) ที่แท้จริง ตัวอย่างอาคารในยุคทุนธรรมชาตินี้ ได้แก่ บ้านชีวาทิตย์ (Bio-solar Home) และบ้านกลืมกลม (Eco-sphere Biological Habitat)



ภาพที่ 47 บ้านกลิ้มกลม (Eco-sphere Biological Habitat)

ลิขสิทธิ์ของ บริษัท จีจีแอ็ดแวนเทจ จำกัด

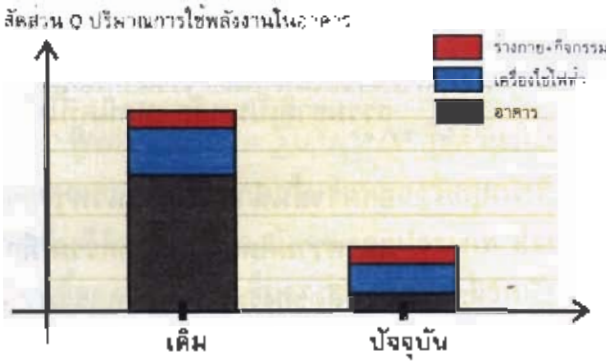
ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบแนวความคิดในแต่ละยุคสมัย การใช้พลังงาน และตัวอย่างสถาปัตยกรรมที่เกิดขึ้นในยุคก่อนและหลังเกิดการเปลี่ยนแกนความคิด

แนวความคิดในแต่ละยุคสมัย		การใช้พลังงาน		ตัวอย่างสถาปัตยกรรม	
		พลังงาน	แรงงานหลัก	สากล	ประเทศไทย
เกี่ยวประโยชน์จากธรรมชาติ	ยุคเกษตรกรรม (ใช้เท่าที่มี)	อาหาร	คน (ทาส), สัตว์	สถาปัตยกรรมพื้นถิ่น เช่น กระท่อมน้ำแข็ง (igloo) กระโจมอินเดียนแดง	สถาปัตยกรรมพื้นถิ่น สถาปัตยกรรมไทย สถาปัตยกรรมไทยประเพณี
	ยุคอุตสาหกรรม (ความสะดวกสบาย+คุณภาพชีวิต)	โอน้ำ, ถ่านหิน, น้ำมัน	เครื่องจักร (คน + มอเตอร์)	อาคารนิทรรศการคริสตัลพาเลซ, หอไอเฟล อาคารซีแกรม, อาคารเอ็มไพรสเตต	สถาปัตยกรรมลอกเลียนแบบตะวันตก สถาปัตยกรรมไทยร่วมสมัย
	ยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ (ควบคุม)	ไฟฟ้า	สมองกล (ดิจิตอล)	ธนาคารฮ่องกงและเซี่ยงไฮ้	แนวทางที่ 1 แนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีคุณภาพสูงโดยสถาปนิกชั้นนำ เช่น กลุ่มอาคารก่อนเกิดวิกฤตด้านพลังงาน แนวทางที่ 2 แนวทางกฎหมายควบคุมอาคารและการให้รางวัลโดยภาครัฐและนานาชาติ เช่น อาคารสำนักงานใหญ่การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (EGCO) แนวทางที่ 3 แนวทางการวิจัยและพัฒนาเชิงบูรณาการด้านการประหยัดพลังงาน เช่น มหาวิทยาลัยชินวัตร
ใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ	ยุคทุนธรรมชาติ (เข้าใจและ enhance ของระบบธรรมชาติ)	ธรรมชาติ -แสงอาทิตย์ - ลม - ฝน - จุลินทรีย์	ธรรมชาติ - แผงโซลาเซล - กังหันลม - เก็บน้ำฝน - ไบโอแก๊ส	ใช้ธรรมชาติให้มากที่สุด บ้านแสงอาทิตย์ที่เยอรมัน	บ้านชีวาทิตย์

เมื่อกล่าวถึงภาพรวมของยุคสมัยพัฒนาการของมนุษย์ ที่เกี่ยวโยงกับการใช้พลังงานในการสร้างสรรค์ผลงานทางสถาปัตยกรรม (ดังแสดงในตารางที่ 5) พบว่า ตั้งแต่ยุคเกษตรกรรมและยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมในอดีต จนถึงยุคเทคโนโลยีสารสนเทศในปัจจุบันมีการใช้พลังงานในลักษณะเก็บเกี่ยวประโยชน์จากธรรมชาติที่สะสมไว้ในรูปของพลังงานที่ไม่สามารถทดแทนได้ (Non-renewable energy) ได้แก่ พลังงานฟอสซิส (fossil fuel) คือ ถ่านหิน น้ำมันปิโตรเลียม และก๊าซธรรมชาติ Non-renewable เนื่องจากอัตราการใช้สูงกว่าอัตราการผลิตได้ของระบบธรรมชาติ

พัฒนาการของพลังงาน แรงงาน และรูปแบบสถาปัตยกรรมมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนก่อให้เกิดปัญหาวิกฤตด้านการขาดแคลนพลังงาน การเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อม และสภาวะโลกร้อน โดยภาพรวมของสถาปัตยกรรมไทยในยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่เริ่มหันมาให้ความสำคัญกับการออกแบบและการประหยัดพลังงาน สามารถแบ่งพัฒนาการออกเป็น 3 แนวทางตามลำดับความคิด ได้แก่ แนวทางที่ 1 การออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีคุณภาพสูงโดยสถาปนิกชั้นนำ แนวทางที่ 2 การสนับสนุนและให้รางวัลโดยภาครัฐและนานาชาติ แนวทางที่ 3 แนวทางการวิจัยและพัฒนาเชิงบูรณาการด้านการประหยัดพลังงานซึ่***แนวความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมดังกล่าวยังคงใช้ต่อเนื่องทุกแนวทางมาจนถึงปัจจุบัน***

การปฏิวัติแกนความคิดทางสถาปัตยกรรม (Paradigm Shift in Architecture) โดยการคำนึงถึงการผลิตพลังงานทดแทน (Renewable energy) จากธรรมชาติ เช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานจากกระแสลม และพลังงานจากจุลินทรีย์ในการก่อให้เกิดก๊าซชีวภาพ เป็นต้น แหล่งพลังงานซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมปกติของธรรมชาติ ณ. บริบทนั้นๆ โดยใช้ศักยภาพของเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงทำให้เกิดการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติที่ไม่มีวันหมดสิ้น ก่อให้เกิดยุคใหม่ของมนุษยชาติ ได้แก่ "ยุคทุนธรรมชาติ" ที่เป็นการบูรณาการองค์ความรู้เพื่อนำไปสู่แนวความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมอย่างยั่งยืน



แผนภูมิที่ 12 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคาร

5. การพัฒนาแนวความคิดของมนุษย์ยุคปัจจุบันสู่การปฏิวัติแกนความคิดในการออกแบบ

5.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบการพัฒนาสู่การเปลี่ยนแกนความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรม

การพัฒนาแนวคิดการออกแบบอาคาร ผู้ออกแบบเริ่มจากการวิเคราะห์ปัจจัยสภาพแวดล้อม เพื่อป้องกันปัจจัยที่ทำให้อาคารมีความร้อนเพิ่มขึ้น การป้องกันฝน การป้องกันแสงแดด การป้องกันฝุ่น การป้องกันเสียง การใช้ประโยชน์จากลมธรรมชาติ และการใช้แสงธรรมชาติ เพื่อให้สอดคล้องกับรูปแบบสถาปัตยกรรมที่สร้างสรรค์ขึ้นตามโปรแกรมโครงการของผู้ใช้อาคารพื้นฐาน ป้องกันหรือปรับสภาพแวดล้อมให้ร่างกายสบายตามประโยชน์ใช้สอย

ทำให้ร่างกายสบายการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารเพื่อแสดงถึงอิทธิพลต่อแนวความคิดในการออกแบบของอาคารในยุคต่างๆ

- อาคารพื้นถิ่นแนวคิดยุคเกษตรกรรม มีการใช้เทคนิคการสร้างสภาวะน่าสบายโดยพึ่งพาตัวแปรจากธรรมชาติเป็นหลัก เทคนิคที่ใช้ได้แก่ การสร้างพื้นที่ร่มเงา อาศัยความเย็นจากแหล่งน้ำ กระแสลม เป็นต้น

- อาคารชั้นนำทั่วไปมีแนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีคุณภาพสูงโดยสถาปนิกชั้นนำ เป็นตัวแทนแนวความคิดยุคอุตสาหกรรม มีการป้องกันตัวแปรธรรมชาติและสร้างสภาวะน่าสบายโดยการใช้พลังงานจากผลผลิตของระบบอุตสาหกรรม

- อาคารสำนักงานใหญ่ บริษัท EGCO ซึ่งใช้แนวทางการออกแบบตามกฎหมายควบคุมอาคารด้านอนุรักษ์พลังงานและได้รับรางวัลจากภาครัฐและนานาชาติ เป็นตัวแทนแนวความคิดยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานที่เกิดจากแนวคิดยุคอุตสาหกรรมลงได้

- อาคารมหาวิทยาลัยชินวัตรออกแบบผสมผสานผลงานจากการวิจัยและพัฒนาเชิงบูรณาการด้านการประหยัดพลังงาน เป็นตัวแทนแนวความคิดยุคการวิจัยและพัฒนา โดยการศึกษาตัวแปรจากสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายและนำไปสู่การออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อการลดใช้พลังงาน

- บ้านชีวาทิตย์ และ Eco-Sphere มีแนวคิดในการออกแบบที่ใช้ประโยชน์จากปัจจัยธรรมชาติในการผลิตพลังงานเพื่อการสร้างสภาวะน่าสบาย เป็นต้นแทนของการปฏิวัติแกนความคิดในการออกแบบ

ปริมาณการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารเป็นตัวอย่างการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบศักยภาพอาคารด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงานและผลจากแนวคิดในการออกแบบที่แตกต่างกันของยุคต่างๆ

การคำนวณโดยใช้ปัจจัยหลักการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารในเงื่อนไข steady-state (ASHRAE, 2001) มีสูตรการคำนวณดังนี้

1. Q wall = U*A*ΔT
2. Q glass (conduction) = U*A**ΔT

เมื่อ

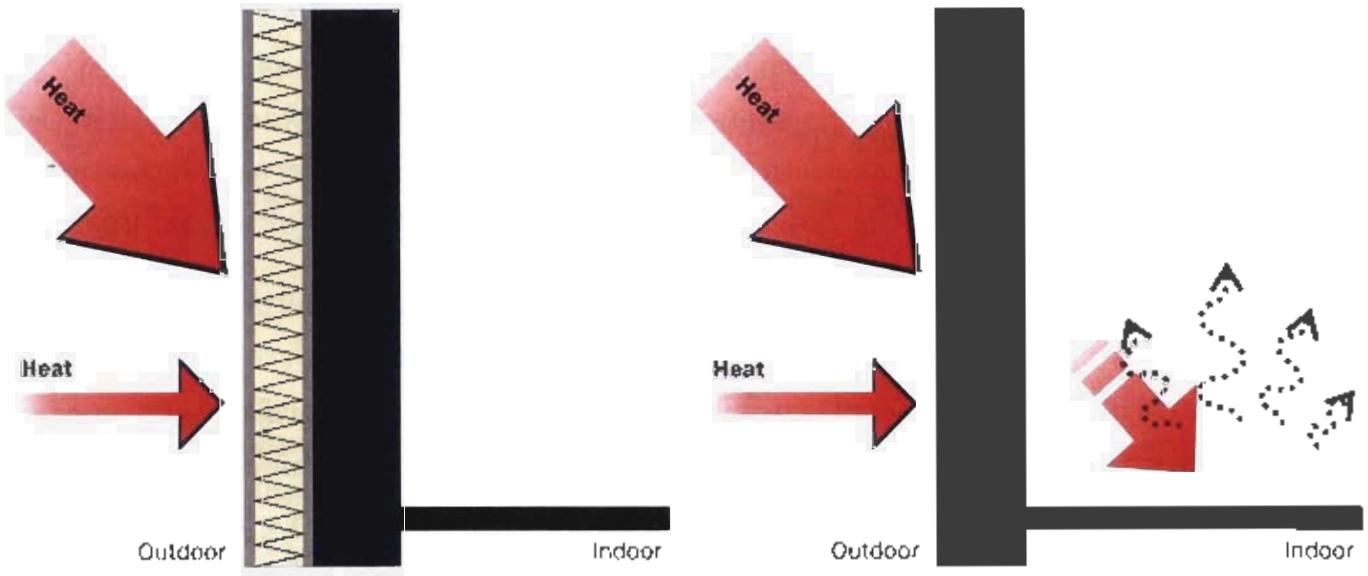
3. Q glass (radiation) = SC*SHGF*CLF

การคำนวณหาปริมาณพลังงานความร้อนที่เข้าสู่อาคารซึ่งมีผลโดยตรงจากแนวคิดการออกแบบอาคารของแต่ละยุคโดยเฉพาะเปลือกอาคาร ตัวอย่างการคำนวณเปรียบเทียบของผนังเปลือกอาคาร ซึ่งมีพื้นที่เปลือกอาคารมากที่สุด การใช้สัดส่วนการคำนวณช่องเปิดต่อผนังทึบ (Window to Wall Area Ratio: WWR) สูตร Q = $\sum$U$_i$*A$_i$**ΔT ใช้คำนวณปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารของผนังทึบ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของปัจจัยคุณสมบัติการนำความร้อนของวัสดุผนังทึบ (U-Value) ปริมาณพื้นที่ผนัง (A) ซึ่งมีผลต่อปริมาณความร้อนที่ผ่านพื้นที่ผิวอาคารของวัสดุแต่ละประเภท ส่วนความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในหมายถึงการเคลื่อนที่ของความร้อนที่มากกว่าผ่านวัสดุผิวหนังเปลือกอาคารตามปริมาณพื้นที่ของวัสดุที่กั้นระหว่างอุณหภูมิผิวหนังด้านที่ร้อนไปสู่อุณหภูมิผิวหนังด้านที่เย็นกว่า ปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังทึบนี้มีผลโดยตรงต่อสภาวะน่าสบายของผู้ใช้อาคารและยังเป็นตัวแปรของการใช้พลังงานในการปรับอากาศ

วัสดุโปร่งแสงมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเนื้อวัสดุและพลังงานแสงเข้าสู่อาคาร สูตร Q = U*A*ΔT และสูตร Q = SC*SHGF*CLF ใช้คำนวณปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดโปร่งแสงซึ่งต้องคำนวณปริมาณความร้อนสองส่วนคือ ส่วนที่ความร้อนผ่านเนื้อกระจก โดยใช้สูตรคำนวณการนำความร้อน เช่นเดียวกับผนังทึบ (Q = U*A*ΔT) ส่วนความร้อนที่ผ่านเข้าสู่ภายในอาคารจากแสงที่ทะลุผ่านจากคุณสมบัติโปร่งแสงของช่วงเปิดกระจกจะใช้สูตร Q = SC*SHGF*CLF โดยคำนวณจากคุณสมบัติการกันแสงของวัสดุโปร่งแสง (Shading Coefficient:SC) คุณสมบัติการรับ

พลังงานความร้อนผ่านกระจกจากลักษณะของแสง (Solar Heat Gain Factor: SHGF) และลักษณะการเก็บหรือแปลงความร้อนของวัสดุภายในอาคาร (Cooling Load Factor: CLF)

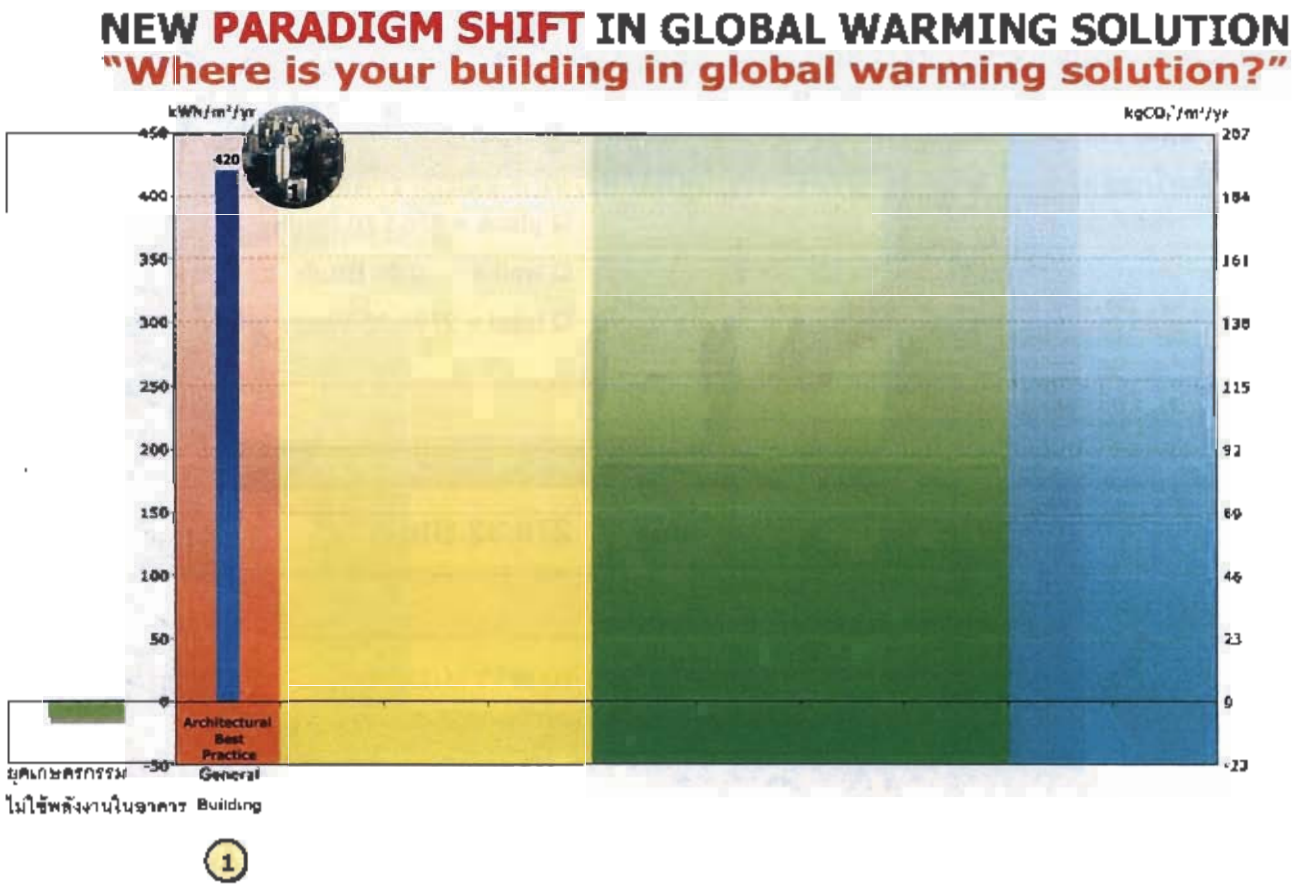
ผลการคำนวณเปรียบเทียบปริมาณความร้อนผ่านผนังเปลือกอาคารตัวแทนของแนวความคิด ของอาคารแต่ละยุค โดยเปรียบเทียบข้อมูลต่อตารางเมตร พื้นที่ใช้สอยต่อปี รวมถึงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการใช้พลังงานของอาคารต่อตารางเมตรต่อปี



ภาพที่ 48 เปรียบเทียบปริมาณความร้อนผ่านผนังเปลือกอาคาร

ภาพที่ 49 การคำนวณภาระการทำความเย็นสูงสุดของเปลือกอาคาร ยุคอุตสาหกรรม (Control สบายตลอดเวลา)

การออกแบบอาคารในยุคอุตสาหกรรม นิยมใช้ผนัง curtain wall บางอาคารอาจใช้ผนังทึบโดยใช้ระบบผนังเบารับน้ำหนัก (Cladding System) วัสดุเปลือกอาคารมีคุณสมบัติการนำความร้อนค่อนข้างสูง ปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารมีปริมาณมาก ตัวอย่างอาคารที่ใช้ระบบเปลือกอาคารลักษณะนี้มีปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคาร 276.32 บีทียูต่อตารางเมตรพื้นที่ใช้สอยต่อชั่วโมง การคำนวณปริมาณความร้อนจากเปลือกผนังโปร่งแสงกว้าง 1.00 เมตร ซึ่งมีอิทธิพลของแสงที่ส่องเข้ามาภายในอาคารลึก 10.00 เมตร จากแนวผนังอาคาร เมื่อคำนวณปริมาณความร้อนสูงสุดของวัน ปริมาณความร้อนผ่านผนังกว้าง 1.00 เมตร สูง 4.00 เมตร เท่ากับ 2763.20 บีทียูต่อชั่วโมง



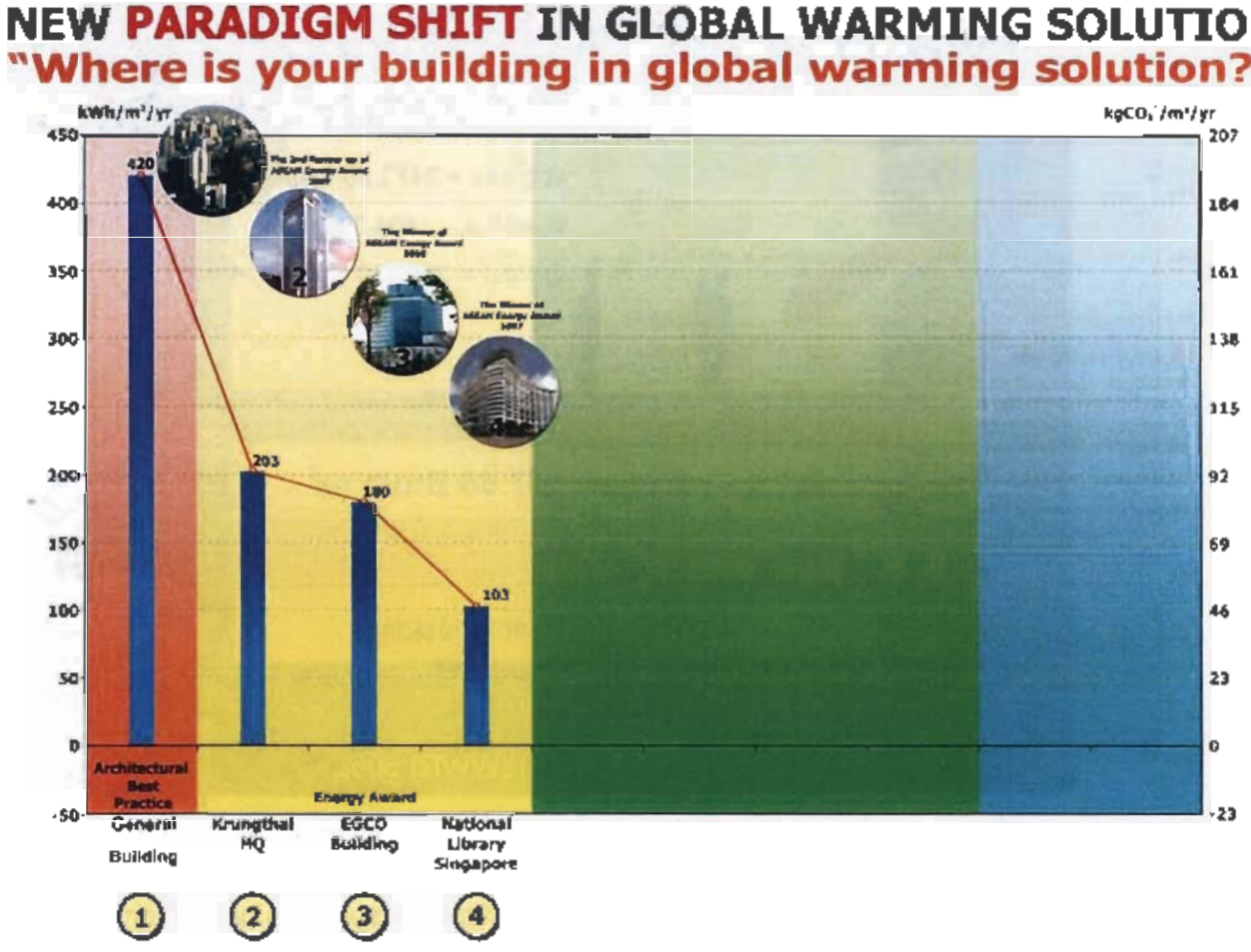
แผนภูมิที่ 13 แสดงการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารยุคอุตสาหกรรม

อาคารยุคอุตสาหกรรมมีแนวคิดสร้างสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้มีการใช้สอยอย่างเหมาะสม โดยใช้ประโยชน์จากลักษณะสภาพแวดล้อมมาใช้ประโยชน์เช่นการใช้แสงธรรมชาติ การเปิดมุมมอง การสร้างรูปทรงอาคารให้หลบอิทธิพลจากความร้อนของแสงอาทิตย์ โดยเฉพาะช่วงบ่าย ด้านทิศใต้และทิศตะวันตก การใช้ช่องเปิดเพื่อรับลมธรรมชาติ เทคนิคและแนวคิดการออกแบบเป็นจุดเริ่มต้นของการออกแบบสถาปัตยกรรมในประเทศไทย แต่เทคโนโลยีด้านวัสดุก่อสร้าง และราคาก่อสร้างเป็นปัจจัยหลัก ซึ่งเป็นข้อจำกัดของผู้ออกแบบ ประกอบกับเจ้าของโครงการ สถาบันการเงิน และหน่วยงานภาครัฐ มีแนวคิดลดต้นทุนการก่อสร้างอาคารเป็นประเด็นหลัก โดยค่าใช้จ่ายด้านการบริหารจัดการอาคาร ค่าสาธารณูปโภค และประสิทธิภาพเครื่องจักร อุปกรณ์นั้น ไม่ใช่ปัจจัยในการวิเคราะห์ในขั้นตอนสร้างโปรแกรมและออกแบบอาคาร อาคารยุคนี้ใช้พลังงานประมาณ 420 kWh/m^2/yr เทียบเท่ากับ 193.2 $kgCO_2/m^2/yr$

ภาพที่ 50 การคำนวณภาระการทำความเย็นสูงสุดของเปลือกอาคารยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ

การออกแบบอาคารในยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ เจ้าของอาคารและผู้ออกแบบได้รับอิทธิพลจากกฎหมายควบคุมอาคารด้านประหยัดพลังงาน สถาปนิกและวิศวกรต้องพยายามลดการใช้พลังงานของอาคารจากการคำนวณ ภาระการทำความเย็น จากหลังคา (RTTV) และผนัง (OTTV) การพัฒนารูปแบบสถาปัตยกรรม การเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติป้องกันความร้อน และการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ จึงมีมากขึ้น การลดพลังงานจากการใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง เป็นกฎหมายที่ พยายามให้อาคารที่ออกแบบใหม่ มีการใช้พลังงานลดลง และบังคับอาคารเดิมต้องปรับปรุงระบบต่างๆ ให้เป็นไปตามกฎหมาย

อาคารที่สามารถออกแบบตามกฎหมายกำหนด และได้รับรางวัลจากหน่วยงานของรัฐสามารถลดปริมาณพลังงานลงได้ถึงประมาณ 50% ตัวอย่างอาคารที่ได้รับรางวัล มีพลังงานความร้อนจากผนังอาคารส่วนผนังทึบ 10.4 บีทียูต่อตารางเมตรพื้นที่ใช้สอยต่อชั่วโมง ความร้อนผ่านกระจก 247.28 บีทียูต่อตารางเมตรพื้นที่ใช้สอยต่อชั่วโมง รวมพลังงานที่เข้าสู่อาคาร 257.68 บีทียูต่อตารางเมตรพื้นที่ใช้สอยต่อชั่วโมง ใช้วัสดุก่อสร้างที่ป้องกันความร้อนตามข้อมูลจากผู้ผลิต



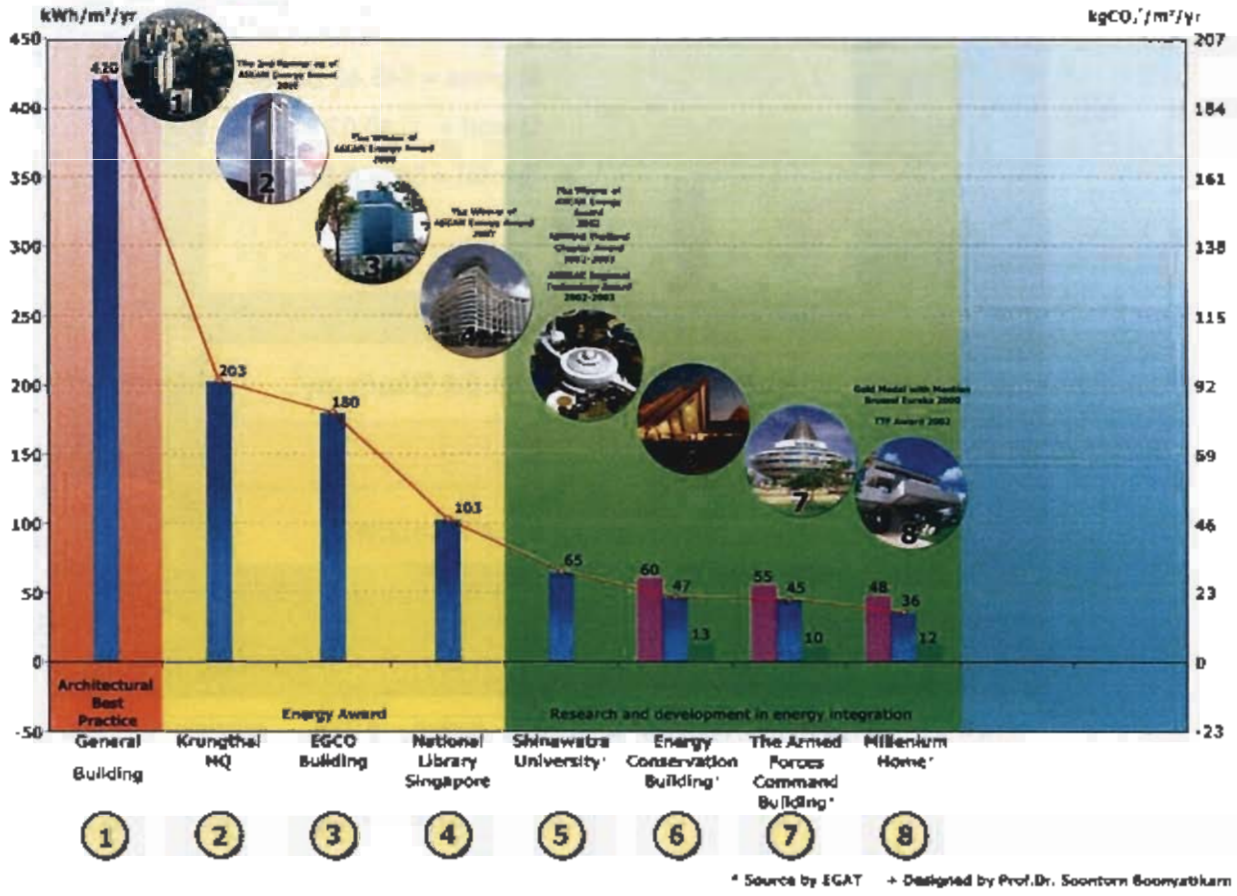
แผนภูมิที่ 14 แสดงการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารยุคเทคโนโลยีสารสนเทศที่ควบคุมโดยกฎหมายควบคุมอาคาร

อาคารยุคเทคโนโลยีสารสนเทศได้รับอิทธิพลจากกฎหมายควบคุมอาคาร และกุศโลบายการจัดประกวดอาคารอนุรักษ์พลังงานดีเด่นของหน่วยงานต่างๆ ทั่วโลก อาคารที่ได้รับรางวัลทุกประเภท มีอัตราการใช้พลังงานอยู่ระหว่าง 200 ถึง 100 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรพื้นที่ใช้สอยต่อปี เมื่อคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 kWh เท่ากับ 0.46 $kgCO_2$ (EGAT, 2549)

อาคารยุคเทคโนโลยีสารสนเทศและกฎหมายประหยัดพลังงานสามารถ ลดปริมาณการใช้พลังงานได้ 50% ถึง 75% ซึ่งนับเป็นการพัฒนาเทคนิคการออกแบบโดยใช้พื้นฐานองค์ความรู้เดิมอย่างผสมผสานสถาปัตยกรรมภูมิสถาปัตยกรรม วิศวกรรมงานระบบ ทุกสาขา

ภาพที่ 51 การคำนวณภาระการทำความเย็นสูงสุดของเปลือกอาคารยุคการวิจัยและพัฒนา

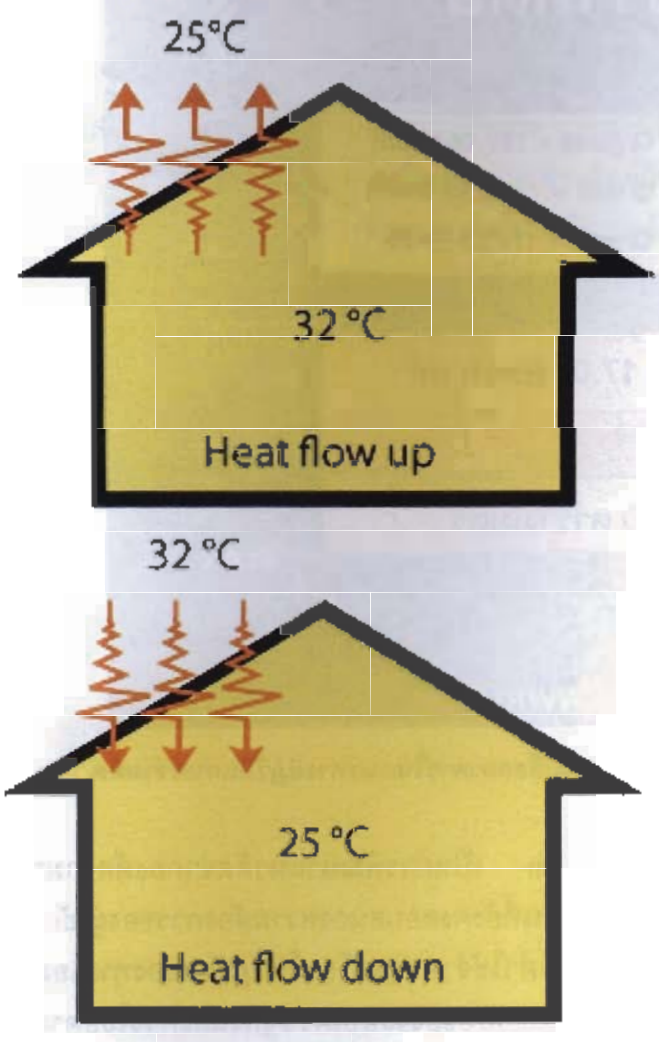
การออกแบบอาคารในยุคการวิจัยและพัฒนา เป็นการพัฒนาองค์ความรู้ด้านการประหยัดพลังงานของประเทศไทยซึ่งมีลักษณะภูมิอากาศร้อนชื้นเนื่องจากเทคโนโลยีภายในประเทศยังไม่ตอบสนองการอยู่อาศัยในบริบทดังกล่าว ผู้ออกแบบจึงมีข้อจำกัดในการใช้วัสดุก่อสร้างและเทคโนโลยีจากต่างประเทศ โดยต้องการปรับใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของอาคารเขตร้อนชื้น วัสดุและเทคโนโลยีจากต่างประเทศส่วนใหญ่เป็นผลการวิจัยให้ตอบสนองลักษณะภูมิอากาศแบบหนาวแห้ง มีความชื้นภายในอาคารสูงกว่าภายนอก ต้องการเก็บความร้อนจากปัจจัยธรรมชาติสู่ภายในอาคารเป็นต้น แต่ภูมิอากาศร้อนชื้นนั้น ความชื้นภายนอกจะสูงกว่าภายในอาคาร และต้องการป้องกันความร้อนจากปัจจัยธรรมชาติเข้าสู่อาคาร ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาวัสดุก่อสร้างและเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับลักษณะภูมิอากาศร้อนชื้น จึงมีความจำเป็นอย่างมาก อาคารตัวอย่างที่นำผลการวิจัยมาปรับใช้ในการออกแบบนั้น ใช้วัสดุเปลือกอาคารส่วนทึบแสงมีค่าการนำความร้อนน้อย 0.06 Btu/sf.hr. กระจกลดการนำความร้อน 0.6 Btu/sf.hr. โดยป้องกันแสงแดดโดยตรงทั้งหมด ปริมาณการใช้พลังงานของอาคารส่วนผนังทึบ 40.02 บีทียูต่อชั่วโมง ส่วนกระจก 545.4 บีทียูต่อชั่วโมง พลังงานที่เข้าสู่อาคารทั้งหมด 58.54 บีทียูต่อตารางเมตรพื้นที่ใช้สอยต่อชั่วโมง ซึ่งน้อยกว่าอาคารยุคเทคโนโลยีสารสนเทศถึง 5 เท่า



แผนภูมิที่ 15 แสดงการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารยุควิจัยและพัฒนา

อาคารยุควิจัยและพัฒนา เกิดจากการศึกษาวิจัยตั้งแต่กระบวนการ วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง โดยเน้นองค์ประกอบเปลือกอาคาร ที่ช่วยในการป้องกันอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมอันไม่พึงประสงค์ต่อสภาวะน่าสบายภายในอาคาร เริ่มตั้งแต่การศึกษาวิจัยแหล่งวัตถุดิบที่ใช้ในการก่อสร้าง ขั้นตอนการผลิต การติดตั้งตลอดจนรูปแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง การศึกษาวิจัยรูปทรงอาคารที่มีความสัมพันธ์ต่อการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารจนนำไปสู่การใช้งานจริง โดยอาคารยุควิจัยและพัฒนานั้น นอกจากจะสามารถป้องกันอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดีแล้ว ยังมีแนวคิดในการริเริ่มบูรณาการณ์ศาสตร์ทางด้านพลังงานทดแทนที่ได้จากการเก็บข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมและการพัฒนาต่อ เพื่อที่จะให้วัตถุประสงค์การใช้อาคาร มีการบริโภคพลังงานลดน้อยลงมากที่สุด

การถ่ายเทความร้อน(Heat Transfer)



- **Heat Flow Up** เกิดจากบริเวณพื้นที่ในแนวดิ่งที่อุณหภูมิไม่เท่ากันในกรณีนี้จะเกิดที่บริเวณหลังคาในเวลากลางคืน อุณหภูมิที่อยู่ด้านล่างสูงกว่าอุณหภูมิด้านบนทำให้ความร้อนลอยสูงขึ้น
- **Heat Flow Down** เกิดในเวลากลางวันที่อุณหภูมิภายนอกร้อนกว่าภายในอาคารความร้อนจะแผ่เข้ามาในอาคารจากด้านบน ทำให้อาคารมีอุณหภูมิสูงขึ้น
- **Building Mass** รูปทรงของอาคารจะมีเปลือกอาคารต่างกัน รูปทรงอาคารที่มีเปลือกมากแต่พื้นที่ใช้สอยน้อยนั้นเป็นรูปทรงที่ไม่ประสบผลสำเร็จในเรื่องการประหยัดพลังงาน รูปทรงที่มีเปลือกอาคารน้อยพื้นที่ใช้สอยมากจึงจะเป็นรูปทรงของอาคารที่เหมาะสม
- **Time lag** เป็นเวลาที่วัตถุค่อยๆสูญเสียความเย็นไปทีละนิด จะเกิดในตอนเช้าตรู่ที่เริ่มมีแสง เมื่อเวลาผ่านไปความเย็นก็จะสูญเสียไปจนหมด จนวัตถุนั้นเริ่มเก็บสะสมความร้อนไปถึงตอนเย็นในเวลาที่แสงและความร้อนหมดลงไปนั้น Time lag ในตอนเย็นก็จะเริ่มขึ้น โดยวัตถุจะสูญเสียความร้อนไปทีละนิดจนหมด

- **ความชื้น อากาศร้อน Radiation ลม สัดส่วนที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงาน**
- **ประสิทธิภาพเครื่องจักร** เครื่องทำความเย็นนั้นต้องมีประสิทธิภาพสูงเพื่อให้ได้ความเย็นที่ต้องการ ใช้พลังงานน้อยและได้ความเย็นที่มาก ในส่วนของความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบต้องสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในส่วนอื่นได้

ภาพที่ 52 การจำลองภาระการทำความเย็นสูงสุดของเปลือกอาคารในแนวทางปฏิวัติแกนความคิด

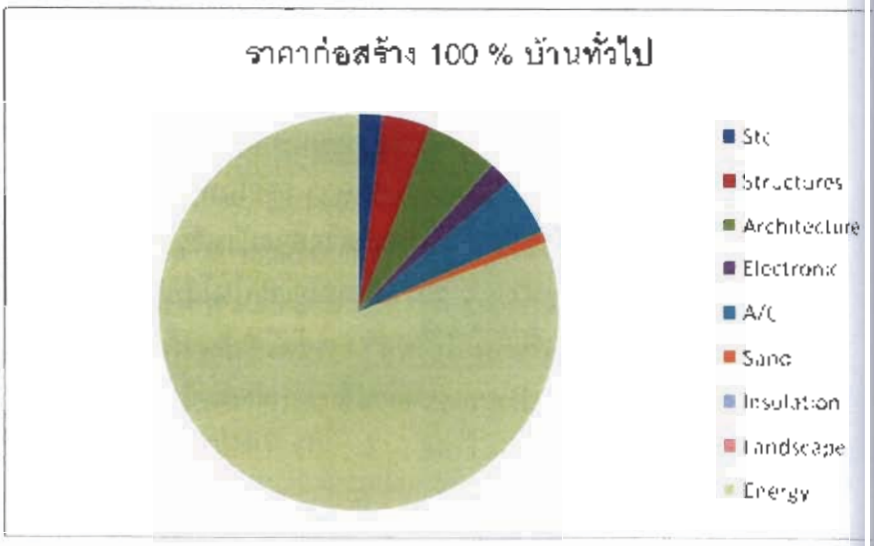
การออกแบบในยุคทุนธรรมชาติ Natural Capitalism เป็นการพัฒนาแนวคิดจากองค์ความรู้ที่ได้จากเทคโนโลยีการผลิตพลังงานทดแทน เทคโนโลยีการลดการใช้พลังงานที่ยังคงตอบสนองความต้องการของผู้ใช้อาคารและสภาพแวดล้อมที่สบายของมนุษย์ การพัฒนาแนวคิดที่อาคารมีแต่ค่าใช้จ่ายหมุนเวียนในวัฏจักรของทุนนิยม ที่มีการหมุนเวียนของเงิน เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม จึงเกิดการใช้ที่มากขึ้นหลายๆ รอบของระบบเศรษฐกิจและการใช้อัตราดอกเบี้ยจ่าย เพื่อเป็นการขับเคลื่อนและควบคุมพฤติกรรมของประชาชน ซึ่งนิยามให้เป็น "ผู้บริโภค"

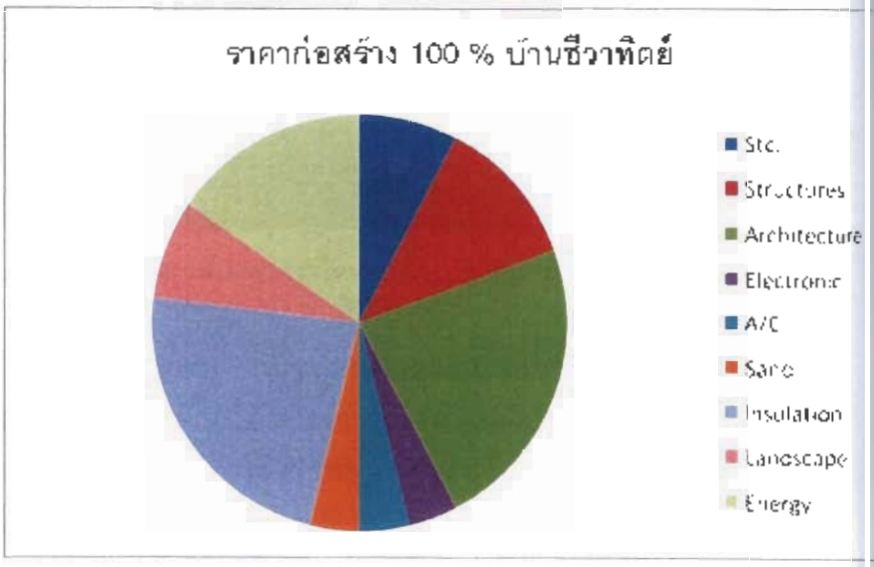
เมื่อศึกษาวิเคราะห์ระบบของธรรมชาติ ที่มีการพึ่งพาอาศัยกันของระบบย่อยของระบบนิเวศในลักษณะห่วงโซ่อาหาร (food chain) ซึ่งเอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกัน โดยเฉพาะผลผลิตที่ได้จากระบบหนึ่งเป็นประโยชน์ต่อระบบอื่นๆ จึงเป็นต้นแบบของการพัฒนาอย่างยั่งยืน ด้วยเหตุนี้ แนวคิดการก่อสร้างอาคารที่เปลี่ยนจากแนวคิดผู้บริโภคจากระบบเศรษฐกิจแนวทุนนิยมมาเป็นอาคารที่สามารถมีผลผลิตให้แก่ระบบอื่นๆ โดยเริ่มจากผลิตใก้ระบบอาคารด้วยกันเอง เช่น ผลิตพลังงานไฟฟ้าให้กับเพื่อนบ้าน แนวคิดนี้นับเป็นจุดเริ่มต้นของการเปลี่ยนแกนความคิดจากผู้บริโภค (consumer building) สู่ "ผู้ผลิต" (producer building)

ซึ่งพัฒนาจากการสร้างสภาพแวดล้อมให้ตอบสนองความต้องการ (demand) ของมนุษย์ และใช้เทคโนโลยีที่ใช้พลังงานและทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ในลักษณะบูรณาการ (Integration) แบบองค์รวม นับเป็นจุดเริ่มต้นของปรัชญาในการออกแบบอาคารของระบบทุนธรรมชาติ

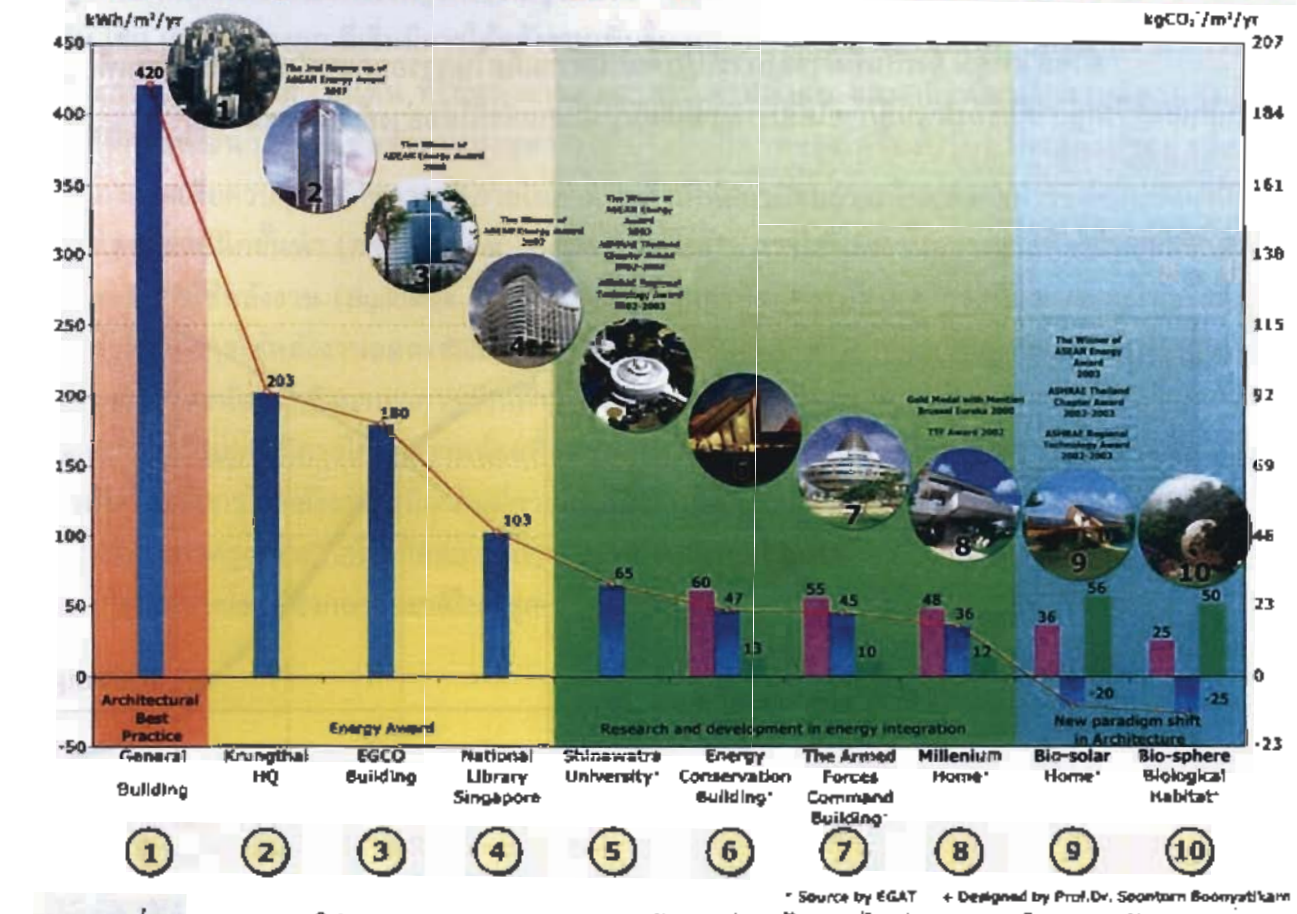
การผสมผสานวัสดุและระบบอาคาร โดยเฉพาะการใช้สัดส่วนพื้นที่ผิวอาคาร (building envelop) ต่อพื้นที่ใช้สอย (usable area) ที่น้อยที่สุด ทำให้อาคารตัวอย่างบ้านชีวาทิตย์มีปริมาณการใช้พลังงานเพียง 17.08 Btu/h.m2 ซึ่งน้อยกว่าอาคารยุควิจัยและพัฒนา 3.5 เท่า เมื่อนำเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากแหล่งธรรมชาติหรือพลังงานทดแทน ทำให้อาคารนี้มีพลังงานเพียงพอใช้ในอาคารและยังมีส่วนเหลือใช้ สามารถส่งให้ชุมชนหรือเพื่อนบ้านใช้พลังงานได้ประมาณ 20 kWh ต่อวัน โดยพลังงานทดแทนนั้น นอกจากจะไม่เป็นรายจ่ายแล้วยังสร้างรายได้ให้แก่เจ้าของอาคาร

ราคาก่อสร้าง 100 %		
รายการ	บ้านทั่วไป	บ้านชีวาทิตย์
Stc.	10%	10%
Structures	20%	15%
Architecture	30%	30%
Electronic	10%	5%
A/C	25%	5%
Sand	5%	5%
Insulation		30%
Landscape		10%
Energy	420%	55%





ภาพที่ 53 เปรียบเทียบสัดส่วนงบประมาณก่อสร้าง
ที่ใช้ระหว่างบ้านพักอาศัยทั่วไป (energy consumer) และบ้านผลิตพลังงาน (energy producer)

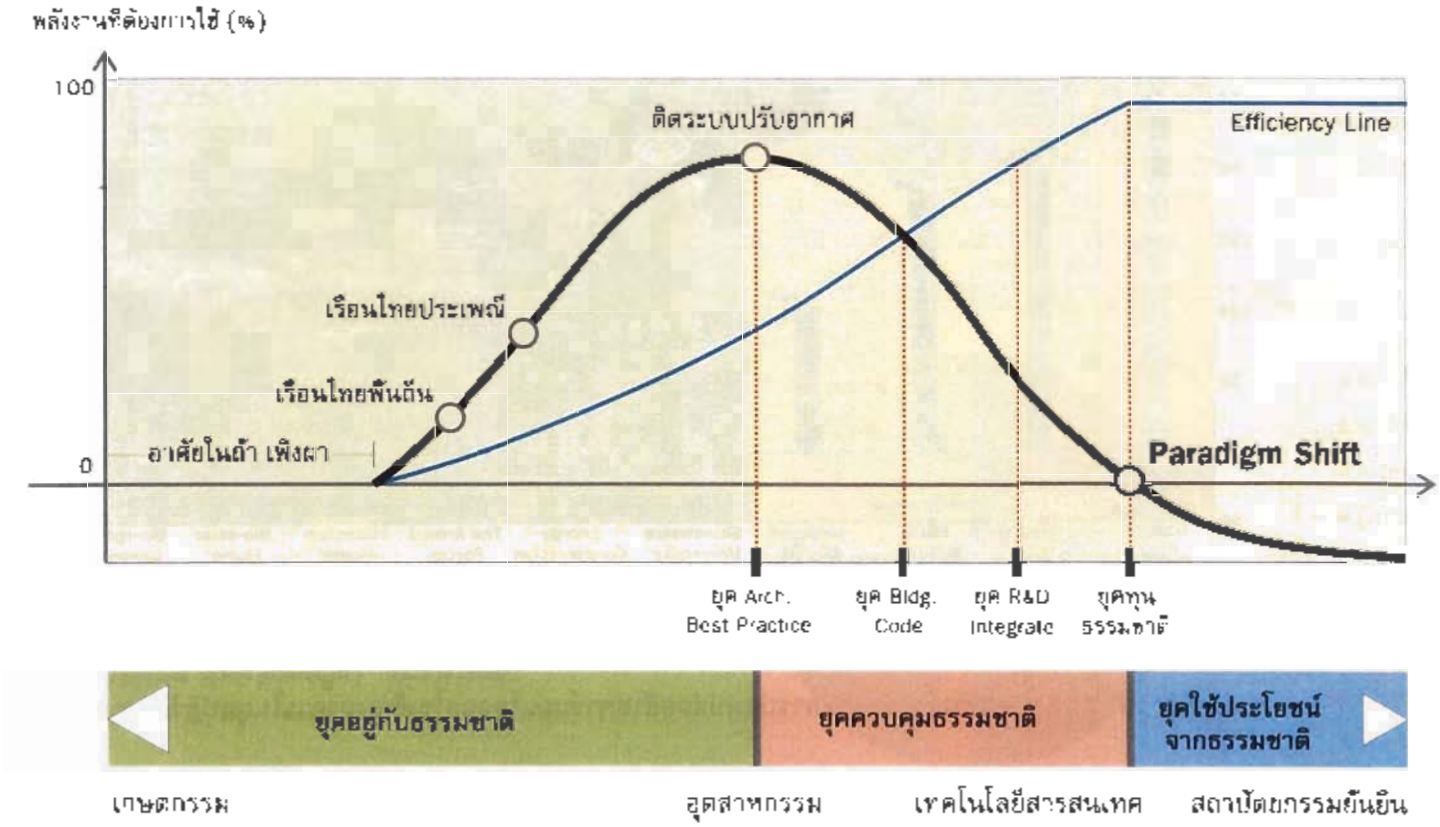


แผนภูมิที่ 16 แสดงการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารในยุคปฏิวัติแกนความคิด

อาคารยุคปฏิวัติแกนความคิด เป็นการออกแบบก่อสร้างอาคารที่ได้รับการต่อยอดจากยุควิจัยและพัฒนา ที่มีวัตถุประสงค์ในการลดการบริโภคพลังงาน จากการต่อยอดความคิดดังกล่าวมีการริเริ่มบูรณาการณ์ศาสตร์ทางด้านพลังงานทดแทนอย่างแท้จริง มีการหยิบยืมศักยภาพการใช้ประโยชน์จากทุนธรรมชาติ เข้ามาช่วยในการสร้างหรือผลิตพลังงาน จนทำให้ปริมาณรวมของการใช้พลังงานในอาคารทั้งหมดอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าค่าการใช้พลังงาน กล่าวคือ การใช้ปริมาณพลังงานติดลบเมื่อเทียบกับค่าการผลิตพลังงานที่ได้จากสภาพแวดล้อมที่มีมากกว่าค่าการบริโภคพลังงาน หากเปรียบเทียบการบริโภคพลังงานของอาคารทุกหลังบนโลกเท่ากับค่าพลังงานที่ผลิตได้จากสภาพแวดล้อม ถือเป็นความรับผิดชอบของเจ้าของอาคารและผู้ใช้เป็นศูนย์ แต่ถ้าอาคารเหล่านั้นมีค่าการผลิตพลังงานที่มากกว่าการบริโภคพลังงาน

และสามารถสำรองเก็บไว้ใช้ในยามฉุกเฉินได้ จะถือเป็นจุดเปลี่ยนความคิดในการอยู่อาศัยของมนุษย์ ในยุคสิ่งแวดล้อม เป็นการเปลี่ยนแนวความคิดในการออกแบบจาก Energy Consumer มาเป็น Energy Producer

ด้วยสาเหตุนี้ จึงเป็นที่มาของการปฏิวัติแกนความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่ออนาคต ที่สามารถตอบสนองการอยู่อาศัยของมนุษย์ภายใต้สภาพแวดล้อมบนโลกแห่งนี้ได้อย่างยั่งยืนและถาวร



แผนภูมิที่ 17 เปรียบเทียบพลังงานในแต่ละยุคสมัย

ยุคสมัยพัฒนาการของมนุษย์ในระยะแรกเป็นพัฒนาการยุคอยู่กับธรรมชาติ เมื่อมนุษย์อาศัยอยู่ในถ้ำเพิงผายังไม่รู้จักใช้พลังงาน จนกระทั่งเริ่มรู้จักใช้ไฟ รู้จักสร้างที่อยู่อาศัยถาวร สถาปัตยกรรมไทยเริ่มมีพัฒนาการจากเรือนไทยพื้นถิ่น เช่น เรือนเครื่องผูก ที่เริ่มมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น จนกระทั่งพัฒนาเป็นเรือนไทยประเพณี เช่น เรือนเครื่องสับ เรือนฝาปะกน เรือนกาแล เป็นต้น ที่ใช้พลังงานสูงมากขึ้นตามลำดับ จนมาถึงพัฒนาการยุคควบคุมธรรมชาติที่เทคโนโลยีมีการพัฒนาถึงขั้นใช้พลังงานสูงสุดขณะที่ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศยังต่ำอยู่ เมื่อมีการสร้างเครื่องปรับอากาศเพื่อควบคุมสภาพอากาศภายในอาคาร ซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมในยุคแห่งการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีคุณภาพสูงโดยสถาปนิกชั้นนำ (Architectural Best Practice) การใช้พลังงานอย่างฟุ่มเฟือยในยุคดังกล่าวก่อให้เกิดแนวคิดที่จะลดการใช้พลังงาน (Buildings Code) ก่อให้เกิดสถาปัตยกรรมในยุคการสนับสนุนและให้รางวัลโดยภาครัฐและนานาชาติ ที่มีการใช้พลังงานลดลงขณะที่ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศเริ่มสูงขึ้น เมื่อถึงสถาปัตยกรรมในยุคแนวทางการวิจัยและพัฒนาเชิงบูรณาการด้านการประหยัดพลังงาน (Research and Development in Energy Integration) จึงเป็นยุคที่มีการใช้พลังงานน้อยที่สุดขณะที่ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศสูงมากขึ้น เมื่อมีการปรับแกนความคิดให้ลดการใช้พลังงานเสมือนไม่มีการใช้พลังงานเลย หรือเหลือพลังงานจากการใช้สอยขณะที่ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศสูงที่สุด ก่อให้เกิดสถาปัตยกรรมยุคใหม่ในยุคทุนธรรมชาติ รวมทั้งยุคสมัยพัฒนาการของมนุษย์ได้ก้าวข้ามมาสู่ยุคใช้ประโยชน์จากธรรมชาติในที่สุด

5.2 ตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการออกแบบสถาปัตยกรรมสู่การปฏิวัติแกนความคิดในการออกแบบ

ความหมายของ **การพัฒนาอย่างยั่งยืน (sustainable development)** และ **แนวคิดในการสร้างความยั่งยืน (concept of sustainability)** มีที่มาจากรายงานเรื่อง Our Common Future โดย คณะกรรมาธิการโลกว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา (World Commission on Environment and Development หรือ WCED) โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Programme หรือ UNEP) ในปี ค.ศ. 1987 ที่ให้คำนิยาม *การพัฒนาอย่างยั่งยืน*[5] คือ *...การพัฒนาที่สนองความต้องการที่จำเป็นของคนรุ่นปัจจุบัน โดยไม่ทำลายความสามารถที่จะสนองความต้องการที่จำเป็นของคนรุ่นต่อไป...* และจากรายงาน Caring for the Earth โดย สหภาพนานาชาติว่าด้วยการสงวนรักษาธรรมชาติ และทรัพยากรธรรมชาติ (International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources หรือ IUCN) โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP) และกองทุนสัตว์ป่าโลกเพื่อธรรมชาติ (World Wide Fund for Nature หรือ WWF) ในปี ค.ศ. 1991 ที่กล่าวถึง การสร้างความยั่งยืน[6] คือ *...การปรับปรุงคุณภาพชีวิตของมนุษย์ ในขณะที่การใช้ชีวิตอยู่ภายใต้ความสามารถในการรองรับต่อการเกื้อกูลระบบนิเวศ...*

การพัฒนาอย่างยั่งยืน และแนวคิดในการสร้างความยั่งยืนดังกล่าว ถูกใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาอย่างกว้างขวางในทุก ๆ ด้าน แม้กระทั่งด้านการออกแบบสถาปัตยกรรม เพื่อให้กระบวนการพัฒนาสามารถดำเนินต่อไปได้อย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ความต้องการของมนุษย์ไม่มีที่สิ้นสุดแต่ทรัพยากรกลับมีอยู่อย่างจำกัด

การออกแบบสถาปัตยกรรมยั่งยืนมีมุมมองที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน โดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงานสูงสุดหรือใช้พลังงานน้อยมาก เพื่อให้สามารถนำพลังงานทดแทนซึ่งเป็นพลังงานสะอาด ไม่ทำลายสภาพแวดล้อมมาใช้เป็นพลังงานหลักภายในอาคารได้ทั้งหมด การออกแบบสถาปัตยกรรมในประเทศไทยมีประเด็นสำคัญคือการลดความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารให้น้อยที่สุด เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในภูมิอากาศเขตร้อนชื้นมีอุณหภูมิร้อนกว่า อากาศชื้นมากกว่า มีอุณหภูมิสูงเกือบตลอดปีทำให้ต้องปรับสภาพแวดล้อมภายในอาคารโดยที่ไปใช้รายการปรับอากาศเพื่อควบคุม

---

[5] "Development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs." (World Commission on Environment and Development, 1987: 4)

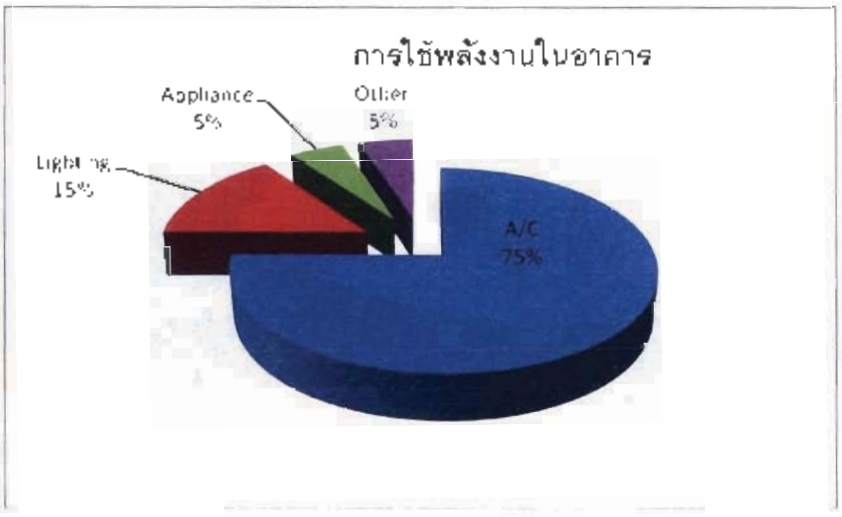
[6] "Improving the quality of human life while living within the carrying capacity of supporting ecosystems." (International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, United Nations Environment Programme and World Wide Fund for Nature, 1991: 10)

อุณหภูมิและความชื้นของอากาศซึ่งต้องใช้พลังงาน หากลดปริมาณความร้อนลงได้มากก็เท่ากับลดปริมาณพลังงานในอาคาร ซึ่งส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้กับระบบปรับอากาศ

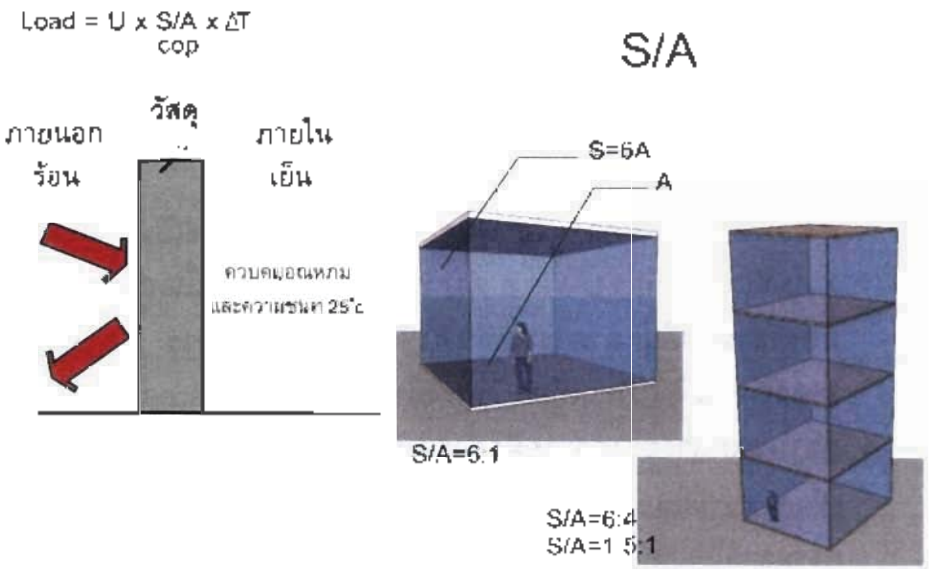
ตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานภายในอาคารเพื่อการออกแบบสถาปัตยกรรมยั่งยืนที่เหมาะสมกับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น ได้แก่

- **คุณสมบัติการกันความร้อนของวัสดุ** วัสดุที่นำมาใช้เป็นเปลือกอาคารควรมีคุณสมบัติในการนำความร้อนต่ำ (มีค่า U-Value ต่ำ) หรือมีความสามารถในการกันความร้อนได้ดี (มีค่า R-Value สูง)
- **อัตราส่วนเปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร** การออกแบบอาคารที่มีรูปทรงเปลือกอาคารน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ใช้สอย (มีค่า Surface to usable floor area ratio หรือ S/A ต่ำ)
- **ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายใน** ลดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารเพื่อลดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในอาคาร (มีค่า ΔT ต่ำ) โดยใช้ปัจจัยธรรมชาติได้แก่ต้นไม้แหล่งน้ำเนินดินและการระเหยของน้ำที่ผิวดิน เป็นต้น
- **ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ** (COP) การเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงใช้ปริมาณพลังงานหรือกระแสไฟฟ้าน้อยแต่ได้ผลการทำความเย็นปริมาณมาก

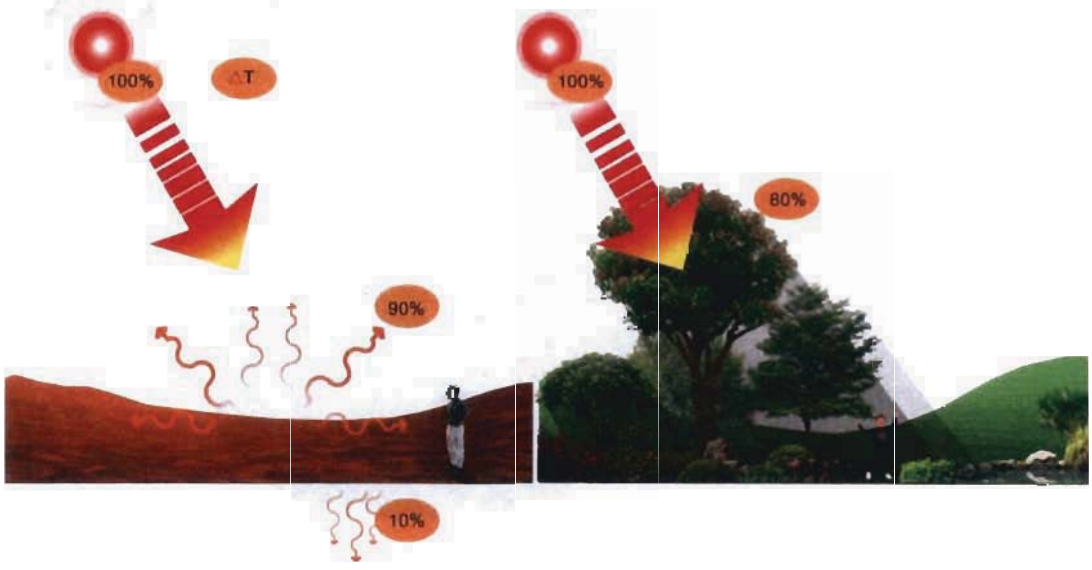
การปฏิวัติแกนความคิดการออกแบบสถาปัตยกรรม (Paradigm Shift in Architectural Design for Sustainable Solution)



แผนภูมิที่ 18 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารของประเทศในภูมิอากาศร้อนชื้น



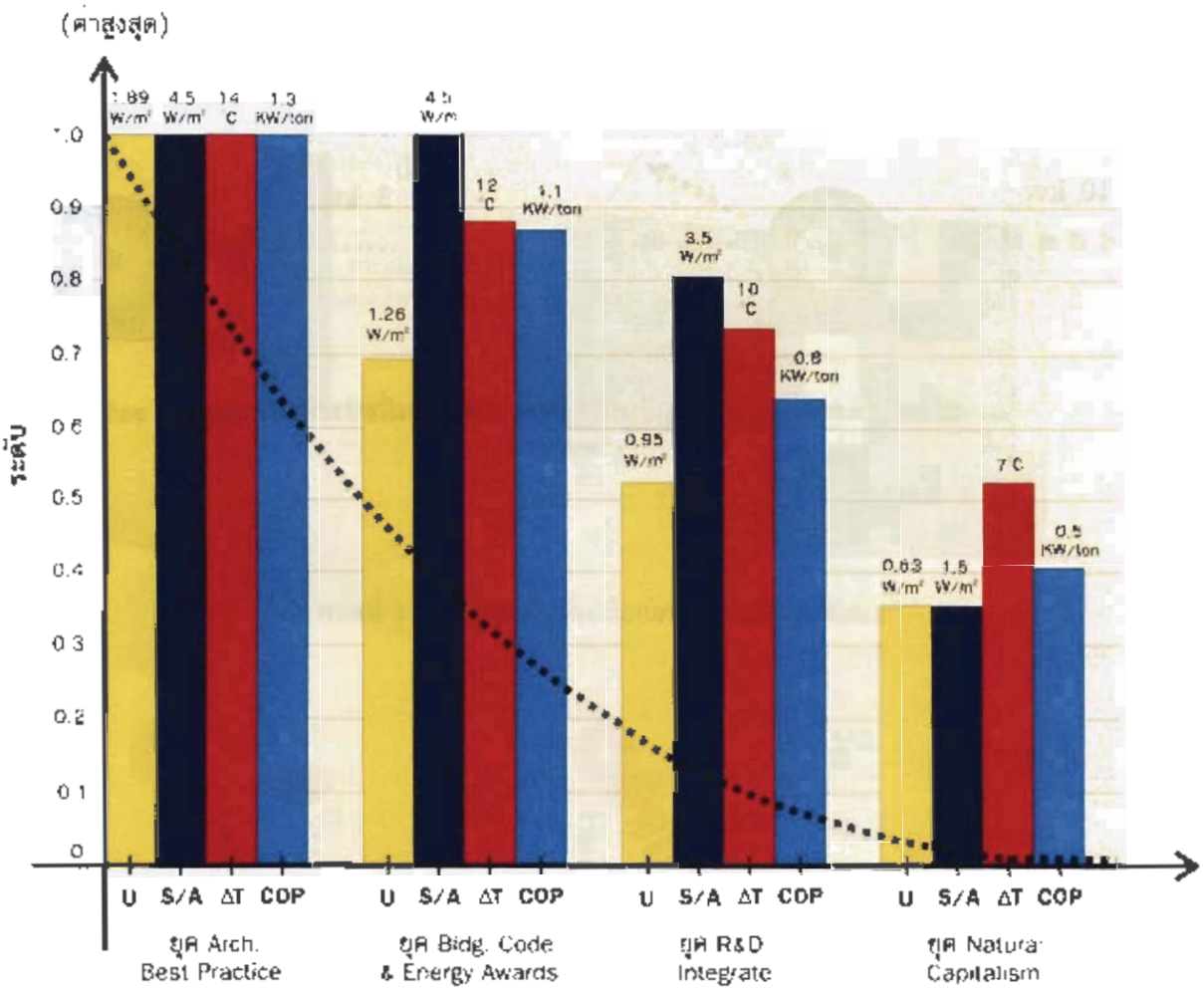
ภาพที่ 54 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย



ΔT สูง คำนวณ Heat ที่ผิวดินแห้ง ΔT ใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศ คำนวณ Heat ที่น้ำสะสมความร้อนจากแดด Heat ที่น้ำระเหย

ภาพที่ 55 แสดงการแผ่รังสีความร้อนของสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

ภาพที่ 56 แสดงการทำความเย็นที่ใช้พลังงานต่างกันเมื่อประสิทธิภาพสูงขึ้น ผลที่ได้เท่ากัน



แผนภูมิที่ 19 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระดับการใช้พลังงานของอาคารแต่ละยุค

6. การออกแบบประสานระบบเพื่อสร้างสถาปัตยกรรมอย่างยั่งยืนและคุณภาพชีวิตที่ดี

ยุคอดีตถึงปัจจุบัน

ตารางที่ 5 สรุปการเปรียบเทียบเทคโนโลยีและการปรับเปลี่ยนแกนความคิดทางสถาปัตยกรรม

	ยุค1 ใช้พลังงานเพื่อตอบสนองความต้องการ	ยุค2 ลดความต้องการใช้พลังงานจากกฎหมาย	ยุค3 ใช้พลังงานและใช้พลังงานทดแทน	ยุค4 เปลี่ยนแกนความคิดจากการใช้มาเป็นการผลิต
แนวคิด	ใช้พลังงานเพื่อความสะดวกสบาย	ผสมผสานเทคโนโลยี และวัสดุ	พัฒนาเทคโนโลยีระบบอาคารและวัสดุ	ออกแบบตามศักยภาพของระบบธรรมชาติ
เทคโนโลยี	การออกแบบพัฒนาวัสดุและระบบอาคาร	เพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์	ผสมผสานพฤติกรรมกับพลังงานทดแทน	ลดมากที่สุดถึง base lineของเทคโนโลยีสร้างพลังงานให้มากกว่าการใช้
ผลที่ได้รับ	ตอบสนองความต้องการสร้างเทคโนโลยี	ประหยัดมากขึ้นและพัฒนาเทคโนโลยี	ผสมผสานระบบอาคาร และผลิตพลังงานทดแทน	ผลิตพลังงานจากระบบธรรมชาติ
ประสิทธิผล	วัสดุอุปกรณ์และเทคโนโลยีใหม่ๆ	ลดปริมาณการใช้	ใช้พลังงานทดแทน เพื่อลดปริมาณพลังงานรวมของอาคาร	อาคารผลิตพลังงานให้แก่ชุมชน

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กฎกระทรวงการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. พระราชกิจจานุเบกษา. ฉบับ 126 เล่มที่ 12 ก หน้า 9-15. 2552.

กฤษฎา พนิตโกศล และประกิต พนานุรัตน์. คอลัมน์รายงานพิเศษ สภา(สถาปนิก)ใหม่ อย่างไรดี?, วารสารสภาสถาปนิก. ฉบับที่ 1 เดือนเมษายน หน้า 28-34. 2552

ตรึงใจ บูรณสมภพ. การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2539.

ตรึงใจ บูรณสมภพ. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: นำอักษรการพิมพ์, 2521.

ราชบัณฑิตยสถาน. คลังความรู้[Online]. กรุงเทพมหานคร: ราชบัณฑิตยสถาน, 2550. แหล่งที่มา: http://www.royin.go.th/th/knowledge/detail.php?ID=1534 [5 พฤศจิกายน 2551]

เกชา ธีระโกเมน. เครื่องปรับอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ม.ป.พ., 2527.

เกชา ธีระโกเมน. ความรู้เบื้องต้น วิศวกรรมงานระบบ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เอ็มแอนด์อี, 2539.

พัลลภ กฤตยานวัช. นวัตกรรมที่อยู่อาศัยเชิงนิเวศ , วารสารธนาคารอาคารสงเคราะห์ ฉบับที่ 60 บทบรรณาธิการ . 2553

พัลลภ กฤตยานวัช. สถาปัตยกรรมแนวธรรมชาติ : ทิศทางใหม่ด้านการวางผังและออกแบบอาคารในอนาคต , วารสารธนาคารอาคารสงเคราะห์ ฉบับที่ 60 หน้า 6-18 . 2553

พัลลภ กฤตยานวัช และวรสัณห์ บุรณากาญจน์ . แนวความคิดเชิงสถาปัตยกรรมจากธรรมชาติ , วารสารธนาคารอาคารสงเคราะห์ ฉบับที่ 59 หน้า 77-87 . 2552

พลังงาน, กระทรวง. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. รายงานพลังงานของประเทศไทย 2548/ Thailand Energy Situation 2005. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงพลังงาน, 2548.

วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. กองอนุรักษ์พลังงาน. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. กรุงเทพมหานคร: กองอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2536.

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน. การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักกำกับและการอนุรักษ์พลังงาน, กรุงเทพมหานคร: (ม.ป.ท.), 2541.

วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์. Paradirm Shift in Architecture ปฏิวัติแกนความคิดทางสถาปัตยกรรม , สมาคมนักเรียนทุนรัฐบาลไทย 2551. หน้า 124-131 : กรุงเทพมหานคร . 2551

วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์. การบริหารจัดการอาคารมหาธีรราชาญุสรณ์ โดยสถาปนิกและหน่วยงานเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน. สถาบันวิทยบริการ 2546: บริหารเพื่อความเป็นเลิศ (25 ปีสถาปนาสถาบัน). หน้า 99-104.

วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์. การปฏิวัติแกนความคิดทางสถาปัตยกรรม, วารสารอาษา . เดือนตุลาคม-พฤศจิกายน หน้า 72-76 . 2551

วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ และคณะ. แนวความคิดการออกแบบด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม, 10 ปี สภาสถาปนิก. กรุงเทพมหานคร : บริษัท แปลน พริ้นท์ติ้ง จำกัด ,2543.

สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์. กฎหมายอาคาร. อาษา/2542. กรุงเทพมหานคร: บริษัทเมฆาเพรส จำกัด, 2542.

สันติ ฉันทวิลาวงศ์. สถาปัตยกถา. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

สุนทร บุญญาธิการ และ วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์. Project Review : DNA Resort, วารสารอาษา เดือนตุลาคม-พฤศจิกายน หน้า 86-89. 2553

สุนทร บุญญาธิการ และ อุษณีย์ มิ่งมงคล. การใช้วัสดุและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คอมฟอร์ม, 2543. (เอกสารเผยแพร่)

สุนทร บุญญาธิการ และคณะ. พลังงานใกล้ตัว. กรุงเทพมหานคร: เฟิสท์ ออฟเซท (1993), 2545.

สุนทร บุญญาธิการ. การใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ. วารสารอาษา (กรกฎาคม 2539): 102 -103.

สุนทร บุญญาธิการ. การเลือกใช้วัสดุเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน. วารสารพลังงาน (Journal of Energy) ฉบับพิเศษ (2537): 28 – 51.

สุนทร บุญญาธิการ. การออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นแบบเมืองไทย. (วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฉบับพิเศษ ครบรอบ 60 ปี (2536), 16 - 24.)

สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน.พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : โอเอส.พริ้นติ้งเฮาส์, 2545.

สุนทร บุญญาธิการ. การออกแบบประสานระบบมหาวิทยาลัยชินวัตร. กรุงเทพมหานคร: โอเอส.พริ้นติ้งเฮาส์, 2545.

สุนทร บุญญาธิการ. บ้านชีวาทิตย์ บ้านพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อชีวิตและผลิตพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน. พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุมกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2535.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน. นี่สิบ้านหารสอง. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพ, 2546.

ภาษาอังกฤษ

Brown, M.T. and Vorasun Buranakarn. Energy Indices and Ratios for Sustainable Material Cycles and recycle Options. Resources, Conservation & Recycling 38 (2003) 1-22. Elsevier.www. elsevier. com/locate/resconrec.

BREEAM. http://www.breeam.org . Accessed: June 2006.

Buranakarn, Vorasun. 1998. Evaluation of Recycling and Reuse of Building Materials Using The Energy Analysis Method. Ph.D. Dissertation, University of Florida.

CASBEE for new construction. Tool-1(2004 edition) institute for building environment and energy conservation / IBEC.

Conference proceedings. Green architecture : The sustainable built environment in the new millennium April 21-22, 2000. Bangkok : The Council of Deans of Architecture Schools of Thailand, 2000.

Fanger, P. O. Thermal Comfort. McGraw-Hill Book Company. United States, 1970.

Givani, B. Man Climate and Architecture. 2re edition. London: Applied Science pub, 1976.

Givoni, Baruch. Passive and Low Energy Cooling of Buildings. New York: Van Nostrand Rienhold, 1994.

GREEN MARK. http://www.bca.gov.sg/GreenMark/green_mark_buildings.html . Accessed: June 2006.

Hawken, Paul Amory B. Lovins and L.Hunter Lovins. Natural Capitalism: Creating The Next Industrial Revolution. Little Brown (1999).

LEED http://www.usgbc.org/ Accessed: June 2006.

Olgyay, V. Design with Climate. New York : Van Nostrand Reinhold, 1992.

Stein, b., and Reynolds, J.S. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. 8th Edition. New York: John Wiley & Sons, 1992.

United Nations Environment Programme. Global Environment Outlook Year Book 2006. Division of Early Warning and Assessment. Nairobi, 2006.

เอื้อเฟื้อภาพโดย

ภาพที่ 1 (ก)	นางสาวสริธร อมรจารุชิต
ภาพที่ 1 (ข)	นายไตรลักษณ์ เลิศพิชิตกุล
ภาพที่ 4, 6, 10	ดร.ชญาณิน จิตรานุเคราะห์
ภาพที่ 5	รองศาสตราจารย์ ดร.ทิพย์สุดา ปทุมานนท์
ภาพที่ 8	ดร.สุธีวัน โล่ห์สุวรรณ
ภาพที่ 9	นายวรวุฒิ ศิริรัชฎะ

สถาปนิกที่มีแนวทางการออกแบบอาคารให้มีคุณภาพยังไม่ได้นำปัจจัยอีกหลายประการมาใช้ในการออกแบบ ทำให้อาคารในแนวทางนี้จะมีความสวยงามภายนอกแต่ขาดการคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน ผลที่ได้รับคือ อัตราการใช้พลังงานลดลงแต่ยังคงสูงอยู่มาก รวมทั้งยังไม่คำนึงถึงสภาวะน่าสบายของผู้ใช้อาคาร อาคารในแนวทางนี้จึงไม่สามารถเป็นต้นแบบของอาคารประหยัดพลังงานได้ ตัวอย่างของอาคารในแนวทางนี้ คือ กลุ่มอาคารที่เกิดขึ้นก่อนเกิดวิกฤตด้านพลังงานในประเทศไทย

ผลที่ได้รับจากการออกแบบวิธีออกแบบโดยใช้ระบบธรรมชาติไม่สามารถทำให้ผู้ใช้อาคารอยู่อาศัยได้อย่างสบาย ดังเช่นสมัยที่ธรรมชาติรอบตัวยังมีความอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากสภาพแวดล้อมถูกทำลายจนเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

การออกแบบในวิธีการดังกล่าวยังไม่ใช่คำตอบที่สมบูรณ์ เนื่องจากอาคารที่ใช้เครื่องกลปรับอากาศในยุคนี้สามารถตอบสนองเพียงความสบายของผู้ใช้อาคาร แต่ต้องแลกมาซึ่งต้นทุนของพลังงานและการใช้ทรัพยากรที่สูงมาก

การนำเทคโนโลยีจากต่างประเทศที่อยู่ในภูมิอากาศเขตหนาวมาใช้กับประเทศไทยที่อยู่ในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น ทำให้ประสิทธิภาพของอาคาร (Building performance) ดีขึ้นบ้างในกรณีติดเครื่องปรับอากาศ

รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2541	Ph.D. in Architecture สถาปัตยกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต College of Architecture, University of Florida, USA.
พ.ศ. 2535	M. Arch. in Computer Graphic and Design Method College of Architecture and Regional Planning, University of Colorado at Denver, USA.
พ.ศ. 2533	สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รางวัลและเกียรติคุณ

- รางวัลนิสิตเก่าดีเด่นประจำปี 2552 จากสมาคมนิสิตเก่า คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- รางวัลผู้นำวิทยาศาสตร์พลังงานทางเลือกดีเด่นแห่งชาติ จากงานประชุมนิทรรศการพลังงานทางเลือกนานาชาติ จัดโดยกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- Outstanding Academic Achievement, International Students Academic Award, Office of International Studies and Programs, International Student Council, University of Florida, USA.
- Thai Government Scholarship to study in doctoral level (Energy Conservation)
- Member of Tau Sigma Delta Honor Society in Architecture and Allied Arts (4.00 GPA), University of Colorado at Denver, USA.
- Architectural Design Award with gold medal in Thesis Design (1st rank), Faculty of Architecture, Chulalongkorn University, Thailand.

ตำแหน่งปัจจุบัน

- รองศาสตราจารย์ ระดับ 9 ประจำคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ผู้อำนวยการฝ่ายวิจัย ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ที่ปรึกษาคณะกรรมาธิการวิสามัญติดตาม เร่งรัด ประเมินผลการแก้ปัญหา และการพัฒนาจังหวัดชายแดนภาคใต้ วุฒิสภา
- ผู้ทรงคุณวุฒิ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
- คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
- ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของ United Nations Environment Programme (UNEP)
- รองประธานมูลนิธิลดโลกร้อน