บ้านพอเพียง
อนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและประหยัดพลังงาน

Sufficient Home: Environmental and Energy Conservation

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
ปีงบประมาณ 2552

ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์
Vorasun Buranakarn, Ph.D.

บ้านพอเพียง อนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและประหยัดพลังงาน

ISBN : 978-616-551-852-9
ราคา : 250 บาท

โครงการวิจัย: โครงการวิจัยแบบบูรณาการต่อยอดองค์ความรู้ประหยัดพลังงานสู่บ้านพอเพียง
Research Topic: The Integrated Energy Conservation Research for Sustainable House

ผู้แต่ง/หัวหน้าโครงการ : รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์
แหล่งทุน : สำนักงานคณะกรรมการสภาวิจัยแห่งชาติ (วช.)
ออกแบบปก : รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์
รูปเล่ม : นางสุภรินี จีระพันธุ์

พิมพ์ครั้งที่ :1
จำนวน: 1,000 เล่ม

พิมพ์ที่ : บริษัทสุขุมวิทมีเดียมาร์เก็ตติ้ง จำกัด
203/42-44 ซอย พัฒนาการ 63 ถนนพัฒนาการ แขวงประเวศ เขตประเวศ กทม. 10250
โทร.02-722-4200-2 โทรสาร 02-322-8702
Email. Sumedia722@gmail.com

จัดพิมพ์โดย : ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท
แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

จัดจำหน่าย : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารวิทยกิตติ์

I 26681122

คำนำ

โครงการบ้านพอเพียง เป็นแนวความคิดการนำเทคโนโลยีอาคารอนุรักษ์พลังงาน อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยีก่อสร้าง นำมาขยายผลพัฒนาต่อยอดองค์ความรู้ ให้อุตสาหกรรมการก่อสร้างทั่วไปและผู้บริโภคที่สนใจมีโอกาสได้ใช้อาคารพักอาศัยที่มีคุณภาพสูง ลดปริมาณการใช้พลังงาน ลดค่าใช้จ่ายในระบบสาธารณูปโภค ปัจจุบันมีบ้านพักอาศัยไม่น้อยกว่า 20 ล้านหลังคาเรือน มีปริมาณบ้านใหม่เพิ่มขึ้นทุกปี การออกแบบและก่อสร้าง รวมถึงการบำรุงรักษา ผู้ออกแบบและผู้รับเหมามีความจำเป็นต้องเข้าใจวิถีชีวิตและรสนิยมของ ผู้อยู่อาศัย นอกจากความเข้าใจดังกล่าวแล้วยังต้องออกแบบสำหรับการปรับเปลี่ยนการใช้งานในอนาคต เช่น การเพิ่มสมาชิกในครอบครัว การปรับพื้นที่ใช้สอย ให้มีส่วนทำงาน (Home office) นอกจากนี้ยังต้องสร้างสรรค์บรรยากาศของสภาพแวดล้อมให้มีความสุนทรี ลดมลภาวะ สามารถใช้พลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานก๊าซชีวภาพ พลังงานจากกระแสลม พลังงานก๊าซไฮโดรเจน แต่ยังคงศักยภาพในการใช้สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ (Passive design) ที่อาคารสามารถรับลมธรรมชาติ ป้องกันแสงแดด ลดความร้อนจากต้นไม้ เป็นต้น องค์ประกอบทั้งหมดที่กล่าวมาจะทำให้ผู้อยู่อาศัยในอาคารมีคุณภาพชีวิตที่ดี

รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ
Content

		หน้า
บทคัดย่อ		10
Abstract		
บทนำ		13
Introduction		
บทที่ 1	บ้านพอเพียงเชิงภูมิอากาศชีวภาพ ในประเทศไทย	14
	Sufficient Home from Thailand Bio Climatic character	
บทที่ 2	ระบบปรับอากาศภายในบ้านพอเพียง	23
	Air Conditioning System in Self-sufficient Home	
บทที่ 3	เทคนิคการออกแบบโดยใช้ Bio-Climatic Chart	27
	Design techniques using Bio-Climatic Chart	
บทที่ 4	การออกแบบบ้านพอเพียง	31
	Sufficient Home Design Technique	
บทที่ 5	วัสดุก่อสร้างของบ้านพอเพียง	48
	Construction Materials of Sufficient Home	
บทที่ 6	สรุปบ้านพอเพียง	63
	Summary of Sufficient Home	
เอกสารอ้างอิง		58
References		

สารบัญภาพ
Figure Content

		หน้า
ภาพที่ 1	อุณหภูมิอากาศในกรุงเทพมหานครระหว่างปี พ.ศ. 2383-2390	15
Figure 1	Air Temperature in Bangkok during 1840-1847 AD	
ภาพที่ 2	อุณหภูมิอากาศในกรุงเทพมหานครระหว่างปี พ.ศ. 2543-2550	16
Figure 2	Air Temperature in Bangkok during 2000-2007 AD	
ภาพที่ 3	เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุด (พ.ศ. 2383-2390 และพ.ศ. 2543-2550)	16
Figure 3	Maximum and minimum average air temperature comparison (1840-1847 AD and 2000-2007 AD)	
ภาพที่ 4	เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั้งปีในอดีตและปัจจุบัน (พ.ศ. 2383-2390 และ พ.ศ. 2543-2550)	17
Figure 4	Average air temperature comparisons of 1840-1847 AD and 2000-2007 AD.	
ภาพที่ 5	ตัวแปรอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารสู่ความรู้สึกเสมือนของร่างกายมนุษย์ผ่านเปลือกอาคาร เสื้อผ้า ผิวหนัง ตามลำดับ	18
Figure 5	External environmental influence factors effecting to human sensation outside into building.	
ภาพที่ 6	ตัวแปรอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารสู่ความรู้สึกเสมือนของร่างกายมนุษย์ผ่านเปลือกอาคาร เสื้อผ้า ผิวหนัง ตามลำดับ	19
Figure 6	External environmental influence factors effecting to human sensation outside into building.	
ภาพที่ 7	ตัวแปรที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานและภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ สูตรการคำนวณใช้ประเมินศักยภาพด้านการลดการใช้พลังงานในขั้นตอนการออกแบบ	24
Figure 7	Influence variables in energy efficient formula.	
ภาพที่ 8	ผู้ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรการประหยัดพลังงานของบ้านพอเพียง	25
Figure 8	Involed steakholders effecting to energy conservation of Self-sufficientHome.	
ภาพที่ 9	การลดความต้องการการใช้พลังงานของบ้านพอเพียงเปรียบเทียบกับบ้านทั่วไป	26
Figure 9	Energy demand comparison between normal house and Self-sufficient Home.	
ภาพที่ 10	การใช้ข้อมูลจากไบโอไครเมติกส์ (Bio-Climatic Chart) เพื่อปรับสภาพแวดล้อมให้เข้าสู่เขตสบายของร่างกาย ทั้งภายนอกอาคารและภายในอาคาร (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 39)	29
Figure 10	Using information from Bio-Climatic Chart for outdoor and indoor environmental modification. (Boonyatikarn, 1999 in thai)	
ภาพที่ 11	การใช้ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์จาก Psychromatric chart สำหรับการออกแบบบ้านพอเพียง (ภาพจาก www.shadyattia.net 21 สิงหาคม 2556.)	30
Figure 11	Relative influence factors of air temperature and relative humidity from Psychromatric chart to Self-sufficient Home design. (www.shadyattia.net August 21st, 2013)	

สารบัญภาพ

Figure Content

		หน้า
ภาพที่ 12	เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ผ่านหลังคาบ้านเข้าสู่อาคาร	32
Figure 12	Comparison of heat flowin from roof between normal house and Self-sufficient Home.	
ภาพที่ 13	แนวคิดและการออกแบบอาคารพร้อมกับการออกแบบวิธีการก่อสร้างเพื่อลดการสูญเสียวัสดุลดแรงงานลดค่าแรง และลดระยะเวลาการก่อสร้าง	33
Figure 13	Design concepts with construction design to reduce construction and demolition wastes, labor, and time.	
ภาพที่ 14	ผังพื้นชั้นล่างและชั้นสอง แนวความคิดในการจัดพื้นที่ใช้สอย การออกแบบและคำนวณการประหยัดพลังงาน การกำหนดขนาดและวิธีการติดตั้งวัสดุก่อสร้าง	36
Figure 14	Functional designs of first and second floor plans with energy consumption and installation concern.	
ภาพที่ 15	ผังพื้นชั้นล่างของบ้านพอเพียง ออกแบบดดยไม่มีโครงสร้างเสาในบริเวณพื้นที่ใช้สอย	38
Figure 15	First floor plan without any column obstructed in spaces.	
ภาพที่ 16	แนวคิดในการแบ่งพื้นที่ใช้สอยชั้นล่างบ้านพอเพียง แสดงการกั้นห้องแบบต่างๆ การใช้พื้นที่ส่วนเตรียมอาหารอยู่ภายในอาคาร การแยกพื้นที่ครัวไทยอยู่ภายนอกอาคาร	39
Figure 16	Rooms design with indoor pantry and outdoor Thai kitchen.	
ภาพที่ 17	รูปด้านหน้าบ้านพอเพียง การออกแบบมุมหลังคาเอียง 27 องศา เพื่อติดตั้งเซลแสงอาทิตย์ด้านทิศใต้ หลังคาด้านทิศเหนือกำหนดมุมเอียง 45 องศา เพื่อลดพื้นที่หลังคาทำให้พื้นที่หลังคาด้านทิศใต้มีพื้นที่ติดตั้งเซลแสงอาทิตย์มากขึ้น และช่วยให้พื้นที่ใช้สอยของห้องชั้นสองที่อยู่ใต้หลังคามีความสูงเพียงพอต่อการใช้งาน	39
Figure17	Front elevation of Self-sufficient Home illustrates 27 degree roof angle on the south which allows more spaces for photovoltaic panel. 45 degree roof angle on the north provides appropriate height for second floors rooms.	
ภาพที่ 18	รูปด้านหลังของบ้านพอเพียง แสดงการเปิดช่องแสงผ่านประตูและเฉลียง การให้แสงภายในห้องน้ำใช้นสองผ่านช่องหน้าต่างติดตายรูปวงกลม	40
Figure 18	Back elevation of Self-sufficient Home illustrates daylight design from doors and balcony. Second floor restroom has daylight from fixed circle double glassing window.	

สารบัญภาพ

Figure Content

หน้า

ภาพที่ 19 รูปตัดขวางของบ้านพอเพียงแสดงการกำหนดระดับพื้นและฝ้าเพดานชั้นสอง การใช้โครงสร้างของระบบพื้นฉนวนผสมผสานกับการรับแรงของโครงสร้างอาคาร ทำให้ความหนาของพื้นลดลงการออกแบบผสมผสานทำให้หลังคามีความสูงเพียงพอสามารถใช้พื้นที่ภายในได้สะดวกและไม่มีความร้อนผ่านหลังคาเข้าสู่อาคาร 41

Figure 19 Cross section of Self-sufficient Home illustrates second floor and ceiling levels which has enough space for all rooms wihout any heat gain from roof.

ภาพที่ 20 รูปด้านทิศใต้ของบ้านพอเพียง แสดงการใช้กระจกลามิเนตปิดช่องแสงเหนือระเบียงชั้นสองกันฝนและรังสีอัลตราไวโอเลต ผู้อยู่อาศัยสามารถตากผ้าได้โดยไม่เปียกฝน การใช้ช่องแสงติดตายรูปวงกลมสำหรับห้อง รับแขกชั้นล่างติดกับที่จอดรถ เพื่อรับแสงธรรมชาติที่สะท้อนจากพื้นและฝ้าเพดานเข้าสู่ช่องแสง 42

Figure 20 South elevation of Self-sufficient Home illustrates the use of lamaneted glass skylight on balcony. It is suitable for Cloth hanging. Fixed circular window on first floor shows indirect daylight technique from floor and ceiling in parking garage.

ภาพที่ 21 รูปด้านทิศเหนือของบบ้านพอเพียงแสดงการยื่นของหลังคาคลุมพื้นที่จอดรถด้านหน้าบ้าน และการกันฝนด้านหลังบ้าน การออกแบบช่องแสงของห้องน้ำชั้นล่าง และช่องแสงของชานพักบันได โดยใช้แสงธรรมชาติทางทิศเหนือที่ไม่มีแสงตรงผ่านกระจกหน้าต่างตลอดปี 43

Figure 21 North elevation of Self-sufficient Home illustrates cantilever roof panel preventing [arking garage from rain. Windows of first floor restrooms and stairs allows daylight from north side without direction sun all year long.

ภาพที่ 22 ผังฝ้าเพดานและการตกแต่งภายในของชั้นล่างบ้านพอเพียงแสดงการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติ 44

Figure 22 First floor ceiling plan of Self-sufficient Home illustrates the integration of light bulb and daylight.

ภาพที่ 23 ผังฝ้าเพดานและการตกแต่งภายในของชั้นสองบ้านพอเพียงแสดงการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติ 45

Figure 23 Second floor ceiling plan of Self-sufficient Home illustrates the integration of light bulb and daylight.

ภาพที่ 24 แบบรายละเอียดการใช้พื้นที่ใต้บันไดเป็นห้องเก็บของหรือห้องเครื่อง 46

Figure 24 Architectural details of storage or mechanical room under stairs landing.

สารบัญภาพ

Figure Content

		หน้า
ภาพที่ 25	แบบรายละเอียดการใช้พื้นที่ใต้บันไดเป็นโต๊ะทำงาน เพื่อเพิ่มความสูงให้กับฝ้าเพดานห้องน้ำและใต้ชานพักบันไดเป็นห้องน้ำชั้นล่าง	47
Figure 25	Architectural details of table on stairs landing to rise up restroom ceiling on first floor.	
ภาพที่ 26	วัสดุผนังโฟมซีเมนต์บล็อกขนาด 0.40*0.60 เมตร หนา 0.20 เมตร ใช้เป็นฉนวนเปลือกอาคารบ้านพอเพียงช่องว่างภายในผนังโฟมซีเมนต์บล็อกสามารถใช้เป็นช่องท่องานระบบอาคาร หรือช่องสำหรับโครงสร้างอาคารซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนและป้องกันความชื้นเข้าสู่อาคาร	49
Figure 26	Using foam cement block (0.40*0.60 meter with 0.20 meter thick) for building envelop. Hollow space in foam cement block is used for building system or structure such as wiring, conduit, or reinforced steel member. Foam cement block also protects outside heat and moisture.	
ภาพที่ 27	แนวความคิดการออกแบบผสมผสานการรับแรงของวัสดุตกแต่งทางสถาปัตยกรรมร่วมกับพฤติกรรมของโครงสร้างอาคาร (ก) รูปตัดคานและลักษณะของแรงอัดและแรงดึงที่เกิดขึ้นในโครงสร้างทั่วไป (ข) การใช้วัสดุพื้นผิวตกแต่งสถาปัตยกรรมช่วยในการรับแรงของพื้นโครงสร้างโดยใช้วัสดุตกแต่งรับแรงอัดด้านบน (Compressive stress) และใช้วัสดุที่รับแรงดึงด้านล่าง (Tensile stress) พร้อมกับใช้วัสดุฉนวนที่มีคุณสมบัติการยึดเกาะผิววัสดุด้านบนและด้านล่างได้ดี เพื่อให้โครงสร้างไม่เปลี่ยนรูป คงอยู่ได้ตามพฤติกรรมการรับแรง	52
Figure 27	Integrated concept design of architectural finishing and structural behavior (a) beam cross section with its compressive and tensile force diagram (b) an application of architectural finishings on top of structural member as compressive stress combined with tensile stress material on bottom of member, along with insulation material in the middle which has high strength bonding both top level compressive finishing and bottom level tensile surface.	
ภาพที่ 28	วิธีการก่อสร้างผนังโฟมซีเมนต์บล็อก โดยก่อลักษณะสลับฟันปลา เพื่อให้เกิดความแข็งแรงโดยให้ช่องท่อตรงกันตลอดแนวดิ่ง วัสดุโฟมซีเมนต์สามารถตัดได้ง่าย สามารถนำกลับมาใช้ใหม่โดยบดและผสมกับซีเมนต์	53
Figure 28	Foam cement block construction process. It can be onsite recycled.	
ภาพที่ 29	การเสริมแรงของโครงสร้างบ้านพอเพียงในช่องโฟมซีเมนต์บล็อก	54
Figure 29	Reinforced steel in foam cement block wall.	

สารบัญภาพ

Figure Content

หน้า

ภาพที่ 30	การก่อสร้างผนังกันตกพร้อมการเสริมการรับแรง เพื่อรับน้ำหนักพื้นระเบียงชั้นสอง	54
Figure 30	Reinforced steel truss to carry balcony loads.	
ภาพที่ 31	การติดตั้งแผ่นหลังคาฉนวนสำเร็จรูปวันแรก	56
Figure 31	Insulated roof panel installations (first day of construction).	
ภาพที่ 32	การติดตั้งผิวหลังคาด้วยแผ่นซีเมนต์ในรูปแบบตีนอนซ้อนเกล็ด การเก็บรายละเอียดขอบหลังคาพร้อมช่องแสงกระจกติดตายบนระเบียงชั้นสอง	57
Figure 32	Using cement fiber panel for roof finishing.	
ภาพที่ 33	บ้านพอเพียงเมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จมีระบบนิเวศที่สมบูรณ์ พร้อมแหล่งน้ำ	64
Figure 33	Completed construction of Self-sufficient Home with pond and fully biodiversity environment.	
ภาพที่ 34	ทัศนียภาพด้านหน้าบ้านพอเพียง	65
Figure 34	Front view of Self-sufficient Home.	

บทคัดย่อ

บ้านพอเพียงเป็นนวัตกรรมโดยน้อมนำแนวกระแสพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ด้านเศรษฐกิจพอเพียงพร้อมกับองค์ความรู้ด้านอนุรักษ์พลังงาน ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านการก่อสร้าง ร่วมกับประสบการณ์การออกแบบอาคาร บ้านพักอาศัยมากกว่า 30 ปี (รวมถึงการเรียนรู้จากประสบการณ์ของสถาปนิกชั้นนำในประเทศไทยมากกว่า 60 ปี) อาคารบ้านพอเพียงเริ่มจากการกำหนดโปรแกรมการออกแบบให้มีสภาพแวดล้อมที่สมบูรณ์ ใช้วัสดุก่อสร้างผสมผสาน วัสดุตกแต่ง วัสดุโครงสร้าง วัสดุประหยัดพลังงาน และวัสดุอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมไปพร้อมๆกัน พื้นที่ใช้สอยประกอบด้วยห้องนอน 2 ห้อง ห้องนั่งเล่น 1 ห้อง ห้องทำงาน 1 ห้อง ห้องเตรียมอาหาร 1 ห้อง ห้องน้ำ 3 ห้อง ครัว ภายนอกอาคาร พื้นที่ซักล้างภายนอกอาคาร ที่จอดรถ 2 คัน ระเบียงสำหรับห้องนอนและห้องนั่งเล่น

การออกแบบเริ่มจากการพัฒนาปรับปรุงภูมิทัศน์ ให้มีความสมบูรณ์ ทั้งต้นไม้ใหญ่ ไม้พุ่ม ไม้คลุมดิน และแหล่งน้ำ โดยยังคงต้นไม้เดิมของพื้นที่ไว้ การวางตำแหน่งอาคารคำนึงถึงกระแสลมจากธรรมชาติ ที่สามารถพัดเข้าสู่อาคารได้อย่างเหมาะสมพร้อมกับการระบายกลิ่นควันจากห้องครัวและห้องน้ำ โดยไม่รบกวนพื้นที่ใช้สอยอื่นๆของบ้าน พร้อมทั้งคำนึงถึงความสวยงาม มุมมอง ของอาคารจากภายนอกและภายใน ให้เกิดความสวยงาม มีความเป็นสุนทรียภาพ ซึ่งจะนำไปสู่สุนทรียศาสตร์บำบัดต่อไป ภายในอาคารกำหนดให้ชั้นบนเป็นห้องนอน 2 ห้อง ห้องน้ำ 2 ห้อง ระเบียงชั้นสองมีช่องแสงจากธรรมชาติป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตแต่ไม่เปียกฝน พร้อมกับสร้างรูปลักษณ์เป็นพื้นที่ใช้สอยรูปแบบห้องใต้หลังคาที่กันความร้อนจากภายนอกได้อย่างสมบูรณ์ ติดตั้งระบบปรับอากาศใต้สันหลังคา เนื่องจากการปล่อยความเย็นของระบบปรับอากาศจะใช้อากาศที่เย็นและมีน้ำหนักมากกว่าที่ร้อนไหลลงสู่ชั้นล่างผ่านโถงบันได ในขณะเดียวกันอากาศที่ร้อนจะลอยตัวขึ้นที่สูง เป็นการใช้ลักษณะของธรรมชาติให้เกิดประโยชน์ พื้นที่ใช้สอยชั้นล่างประกอบด้วย ห้องนั่งเล่น (อาจเปลี่ยนเป็นห้องนอน) ห้องทานอาหาร ห้องรับแขก (สามารถปรับเป็นห้องประชุมได้) ห้องเตรียมอาหาร และห้องน้ำ

รูปแบบของอาคารบ้านพอเพียงเริ่มจากแนวคิดการออกแบบ **"บ้านที่ไม่มีเสา ไม่มีคาน และไม่มีขื่อ ไม่มีแป"** โดยใช้เทคนิคการสร้างสามเหลี่ยมของรูปทรงอาคารเป็นการรับแรงของโครงสร้างพร้อมกับใช้วัสดุที่มีความสามารถรับน้ำหนักทั้งแรงอัด แรงดึง และแรงเฉือนได้ดี พร้อมทั้งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนได้อีกด้วย ผลที่ได้รับจากรูปแบบอาคาร คือ ไม่จำเป็นต้องมีเสาบริเวณที่จอดรถ ไม่มีเสาในพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร การออกแบบโครงสร้างใช้แนวผนังและพื้นรวมถึงแผ่นหลังคาเป็นการถ่ายเทน้ำหนักและถ่ายแรงต่างๆ การลดน้ำหนักของวัสดุอาคารทำให้น้ำหนักอาคารลดลง ส่งผลต่อการประหยัดฐานรากและเสาเข็ม พื้นอาคารชั้นล่างใช้โครงสร้างฐานแผ่ (Matt foundation) มีความหนาประมาณ 20-25 เซนติเมตร พร้อมเข็ม ขนาด 6 นิ้ว ยาว 6.00 เมตร ตามตำแหน่งที่เหมาะสม รวมถึงการเว้นช่องระบบไฟฟ้าและสุขาภิบาลระหว่างก่อสร้าง ผนังอาคารก่อสร้างด้วยอิฐโฟมซีเมนต์ ความหนา 20 เซ็นติเมตร พร้อมช่องอากาศตรงกลางอิฐ ใช้เป็นช่องท่อ ใช้แทนไม้แบบ มีส่วนของเนื้อวัสดุฉนวนหนา 5 เซนติเมตรหุ้มรอบช่องดังกล่าว (Covering) สามารถใช้ช่องท่อนี้เป็นการเสริมการรับน้ำหนักของโครงสร้างอาคาร ผนังอิฐโฟมซีเมต์กันความร้อนจากภายนอกและควบคุมความเย็นภายในอาคารได้ดี สามารถติดตั้งประตูหน้าต่างที่ใช้กรอบ uPVC (Unplasticzed Poly-vinyl Chloride) และลูกฟักกระจกกันความร้อนหนา 2 ชั้น หรือกระจกลามิเนตหนา 1 ขั้น พร้อมอุปกรณ์ล็อค พื้นชั้นสองใช้ระบบแผ่นพื้นฉนวนสำเร็จรูปปูผิวด้วยกระเบื้อง พรม ไม้ หรือวัสดุอื่นๆตามปกติ วัสดุก่อสร้างที่ใช้ในบ้านพอเพียงไม่มีส่วนผสมของสารระเหย (Formaldyhide) โครงสร้างและวัสดุมุงหลังคาใช้แผ่นฉนวนสำเร็จรูปความหนา 15-20 เซนติเมตร ความยาวไม่มากกว่า 13 เมตร เนื่องจากข้อจำกัดในการขนส่ง ผิวหลังคากึ่งสำเร็จรูปปิดผิวภายนอกด้วยแผ่นไม้คอนกรีตในรูปแบบตีนอนข้อนเกล็ด หรือ ใช้วัสดุ Roof Shingle สามารถติดตั้งแผ่นเซลแสงอาทิตย์และกักเก็บน้ำจากหลังคาได้

การออกแบบบ้านครอบคลุมถึงเทคนิคการก่อสร้าง เพื่อลดขั้นตอนในการก่อสร้างโดยใช้วัสดุก่อสร้างมีลักษณะเบา ขนาดใหญ่ ผลิตและตรวจสอบคุณภาพจากโรงงาน ทำให้ลดจำนวนแรงงาน ลดระยะเวลาการทำงาน ลดความเสียหายของวัสดุ ลดขยะที่เกิดจากการก่อสร้าง อาคารบ้านอาศัยโดยปกติจะใช้ระยะเวลาก่อสร้าง 180-360 วัน แต่บ้านพอเพียงใช้ระยะเวลาก่อสร้างไม่เกิน 90 วัน หากผู้รับเหมาก่อสร้างมีความเข้าใจเทคนิคการก่อสร้าง ผู้รับเหมาสามารถสร้างอาคารบ้านพอเพียงเสร็จในระยะเวลา 30-45 วัน ด้านการประหยัดพลังงาน อาคารหลังนี้ใช้วัสดุที่ผิวภายนอกอาคาร หรือเปลือกอาคาร ที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนระหว่าง 12-24 ตารางฟุต-ชั่วโมง-องศาฟาเรนไฮต์ต่อบีทียู งบประมาณค่าก่อสร้างของบ้านพอเพียง 20,000 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นราคาค่าก่อสร้างของบ้านสร้างเองทั่วไป บ้านพอเพียงใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 1.5 ตัน จำนวน 1 ชุด ซึ่งน้อยกว่าบ้านพักอาศัยขนาดพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน ซึ่งปกติจะใช้เครื่องปรับอากาศ ประมาณ 8 ตัน วิธีการเปิดเครื่องปรับอากาศของบ้านพอเพียง ให้เปิดระบบปรับอากาศต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จะทำให้อุณหภูมิของวัสดุภายในอาคารทั้งหมดมีอุณหภูมิเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ไม่มีความร้อนสะสมในเนื้อวัสดุอีกต่อไป ทำให้ประหยัดพลังงาน โดยคอลย์ร้อนของเครื่องปรับอากาศ (Compressor) ของระบบปรับอากาศจะทำงานเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน หรือประมาณ 4-5 ชั่วโมงต่อวัน ทำให้บ้านทั้งหลังมีอุณหภูมิอยู่ในเขตสบายทุกห้อง ตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารทั่วไปที่เปิดเครื่องปรับอากาศประมาณ 8 ชั่วโมงต่อวัน คอลย์ร้อนของเครื่องปรับอากาศจะทำงานประมาณ 5-6 ชั่วโมง ดังนั้น อาคารบ้านพอเพียงจึงเป็นนวัตกรรมที่มีความเหมาะสมกับผู้บริโภคระดับกลาง

รูปแบบบ้านพอเพียงยังสามารถใช้พลังงานทดแทนจากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเตรียมหลังคาบริเวณทิศใต้ที่มีมุมเอียง 28 องศา และยังเตรียมระบบการหมักก๊าซชีวภาพจากถังบำบัดที่รับของเสียงจากห้องน้ำ ห้องครัว และกิ่งไม้ใบหญ้าจากสวน ซึ่งมีสัดส่วนธาตุคาร์บอนและไนโตรเจนเพียงพอต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ ส่วนพลังงานจากลมจะใช้ในการนำเฉพาะพลังงานทางกลศาสตร์แทนพลังงานไฟฟ้าเท่านั้น เนื่องกระแสลมไม่คงที่ จึงเป็นข้อจำกัดในการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันลม กังหันลมที่ใช้ควรเป็นแนวตั้ง เพื่อลดความเสี่ยงจากการควบคุมใบพัด การบังคับทิศทางของกังหันกับทิศของกระแสลม

คำสำคัญ บ้านพอเพียง บ้านพลังงานแสงอาทิตย์ บ้านพลังงานทางเลือกบ้านพลังงานทดแทน

Abstract

Innovative Sufficient Home has been inspired by His Majesty the King initiative paradigm along with the experiences and knowledges of energy conservation, environment, and construction. Over 30 years experience of resident design, sufficience home program was designed to provide a perfect environment. Selected materials were integrated with architectural finishing, building structure, insulation, and environmental friendly. Usable areas are living room, working room, pantry, outdoor kitchen, laundry, balcony and terrace, and 2 parkings.

Design started with landscape modification with trees and shrubs, soil and water resources, and maintaining existing trees on site. Home orientation concerns natural ventilation, view, and asthetic which lead to **"Architectural Theraphy."** The 2 bedrooms with balcony and 2 bath rooms with day light located on second floor as attic without heat from roof. Air condition unit installed under roof and ceiling. This allows stratification effect of warm air circulate and cool air drop to lower floor through stairs well.

No obstructed column and beam in usable space concept, building shape and form were used to aid force, point load, uniform load, shear, bending moment in structure. Trialgle shape is the strongest shape in nature. Integrated insulation materials were selected with ablility to serve for compressive, tensile, or shear forces. Those materials also have light weight. Therefore, building dead load is very less. With light weight wall system, those interior walls can be placed anywhere on floor plate. Finally, building foundation required only 6-inch 6.00 meter small piles as matt foundation. Integrated load baring and frame wall is an innovative structural design. Building envelop made from 20-25 centermeter thick foam cement block which provides enough space for all pipes, electrical conduit, and structure frame. Foam cement block has 10 centimeter cyclender holes to be used as air condition duct, cast in place concrete or steel frame structure, sanitary pipes, and wire conduit. All openings have uPVC frame with laminated glass which can install double glass. Ceramic tile on 1.20*13.00 meter insulated floor system is constructed for the second floor structure. Roof panel is the same material as floor. Asphalt shingle or fiber cement board can be used as roof covering. With 27-28 roof angle allows appropriate angle for high efficient photovoltic panel.

Designed Construction techniques with semi-prefablicated light weight materials illustrate budget management as change labor cost to high efficiency material. All quality controlled materials reduce any lonstrcction and dilmilition wastes. Conventional house would take 180-360 days in construction while sufficient home requires only 90 days completing construction. Building envelop has R-value as 12-24 sq.ft.hr.F/Btu with regular cost of 20,000 baht per square meter usable area. All materials have low heat capacity. Only 1.5 ton of air condition required to cool all house spaces. After turn oa air condition for a week, all materials and furniture in the house will be 25 degree Celsius then, compressor will run only 5-6 hours a day.

Besides roof photovoltaic system, biogas from kitchen is integraed with septic tank system. Wind turbine can be installed as mechanic work not aime to produce electrical power since no constant wind speed.

Keywords: sufficient house, Solar house, Alternative Energy Home

บทนำ
Introduction

"บ้านพอเพียง" เป็นผลการศึกษาจากโครงการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการสภาวิจัยแห่งชาติ (วช.) ใช้ระยะเวลาการวิจัย 1 ปี เป็นการสร้างอาคารบ้านต้นแบบที่สามารถนำไปขยายผลต่อสาธารณะเป็นประโยชน์ต่อประชาชนและระบบเศรษฐกิจของประเทศในภาพรวม ก่อนการออกแบบผู้วิจัยดำเนินการสำรวจความสนใจและความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคตัวอย่าง กลุ่มผู้บริโภคระดับกลางให้น้ำหนักความสำคัญในประเด็นต่างๆ เช่น งบประมาณค่าก่อสร้าง ความเหมาะสมของพื้นที่ใช้สอย รูปลักษณ์ความสวยงาม และค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายต่อเดือน

วัตถุประสงค์

1. การวางผังอาคารโดยใช้พื้นที่โดยรอบด้วยหลักวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปปรับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับสู่แนวคิด Sustainable

2. การวิจัยเพื่อผสมผสานวัสดุ ระบบอาคารและแนวทางการแปลงทรัพยากรธรรมชาติให้ความสมดุลของสภาพแวดล้อม เพื่อให้บ้านมีแนวโน้มอยู่ได้ด้วยตัวเอง แหล่งพลังงานดังกล่าว

3. ออกแบบ ก่อสร้าง Model ต้นแบบให้เกิดเป็นแนวทางการวางผังบ้านพอเพียง สำหรับผู้มีรายได้ปานกลาง มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่ำ

วิธีดำเนินงาน

1. ศึกษาวรรณกรรม วิเคราะห์ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ กระบวนการก่อสร้างบ้านพักอาศัยที่เหมาะสมกับบ้านพอเพียง

2. วิเคราะห์ตัวแปรที่มีอิทธิพลของวัสดุ รูปแบบอาคารเทคนิคการก่อสร้าง การประหยัดพลังงาน

3. ออกแบบบ้านพอเพียง และก่อสร้างบ้านต้นแบบ

Introduction

Self-sufficient Home is a result of research study granted by National Research Council of Thailand (NRCT). The objective of the project was to introduce energy and environment house for middle class people. Hundred middle class families were reviewed. The most concerns are construction budget, usable area, style, and energy cost.

Objective

1. Scientific site planning to modify appropriate micro-climate for Sustainable Paradigm.

2. Integrated materials, building systems, and natural capitalism to reach self-sufficient home

3. Design and Build Prototype of middle income self-sufficient home with full human comfort and very small energy consumption.

Methodology

1. Literature review, scientific analysis research, and appropriate construction methods of Self-sufficient home.

2. Influenced factors analysis of materials, form, construction technique, and energy conservation.

3. Design and build prototype of Self-sufficient home.

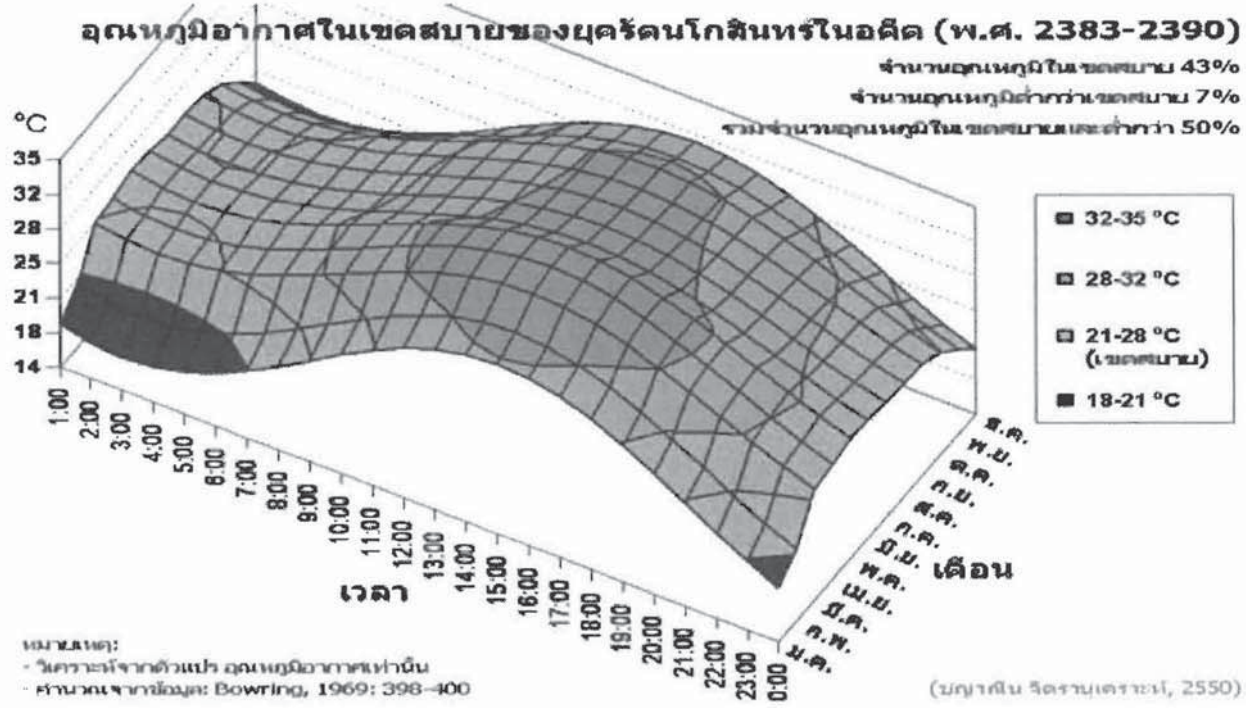
บทที่ 1
Chapter 1
บ้านพอเพียงเชิงภูมิอากาศชีวภาพ ในประเทศไทย
Sufficient Home from Thailand Bio Climatic Character

บ้านพอเพียงเริ่มออกแบบจากการศึกษาลักษณะของสภาพแวดล้อมในประเทศไทย ผลการเก็บข้อมูลเมื่อ 160 ปีที่ผ่านมา เซอร์จอน บาวริ่ง เป็นบาทหลวงเข้ามาในประเทศไทยสมัยรัชกาลที่ 5 ขณะนั้นมีเทคโนโลยีการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์โดยใช้ปรอทวัดไข้ หัวหน้าโครงการศึกษาค้นคว้าจากหนังสือบันทึกการเดินทางของเซอร์ จอน บาวริ่ง หน้า 398 - 400 พบว่ามีข้อมูลการวัดอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศติดต่อกันในระยะเวลา 8 ปี บันทึกข้อมูลอุณหภูมิอากาศมีหน่วยเป็น องศาฟาเรนไฮต์ และความชื้นสัมพัทธ์มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาประมวลผลทำเป็นกราฟร่วมกับ ชญานิน จิตตรานุเคราะห์ พบว่าช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2383 - 2390 ในฤดูหนาวกรุงเทพมหานครมีอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุดในเดือน มกราคม ระหว่างเวลา 2:00 - 4:00 น. ที่ 18 องศาเซลเซียส ช่วงเวลากลางวันมีอุณหภูมิอากาศสูงสุด ประมาณ 32 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 13:00 –15:00 น. ในฤดูร้อนกรุงเทพมหานครมีอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุดในเดือน พฤษภาคม ระหว่างเวลา 2:00 - 4:00 น. ที่ 25 องศาเซลเซียส ช่วงเวลากลางวันมีอุณหภูมิอากาศสูงสุด ประมาณ 35 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 13:00 –15:00 น.

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิอากาศปัจจุบันในระยะเวลา 8 ปีเท่ากัน ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 - 2550 ในฤดูหนาวกรุงเทพมหานครมีอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุดในเดือนมกราคม ระหว่างเวลา 2:00 - 4:00 น. ที่ 24 องศาเซลเซียส ช่วงเวลากลางวันมีอุณหภูมิอากาศสูงสุด ประมาณ 33 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 13:00 –15:00 น. ในฤดูร้อนกรุงเทพมหานครมีอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุดในเดือนเมษายน ระหว่างเวลา 2:00 - 4:00 น. ที่ 28 องศาเซลเซียส ช่วงเวลากลางวันมีอุณหภูมิอากาศสูงสุด ประมาณ 35 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 13:00 –15:00 น. ผลการศึกษาเปรียบเทียบแผนที่ในอดีตและภาพถ่ายทางอากาศช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า ในสมัย 160 ปีที่แล้วพื้นที่กรุงเทพมหานครมีพื้นที่สีเขียวประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ แต่ปัจจุบันพื้นที่สีเขียวมีเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ อีก 95 เปอร์เซ็นต์เป็นพื้นที่ผิวแข็ง เช่น ถนน อาคาร เป็นต้น ดังนั้นการพัฒนาเมืองกรุงเทพมหานครจึงส่งผลให้สภาพแวดล้อมเปลี่ยนไปลักษณะ Micro Climate จึงมีอุณหภูมิสูงขึ้น การออกแบบอาคารจึงต้องมีความเข้าใจอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงของเมือง การออกแบบด้วยความเข้าใจสภาพแวดล้อม Micro Climate นั้น เป็นพื้นฐานในการออกแบบของ Passive Design ซึ่งต้องควบคู่ไปกับพื้นฐานความเข้าใจด้านความรู้สึกร้อนหนาวของร่างกายมนุษย์ จึงจะทำให้อาคารที่ออกแบบมีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนไป และความสบายของผู้ใช้อาคาร

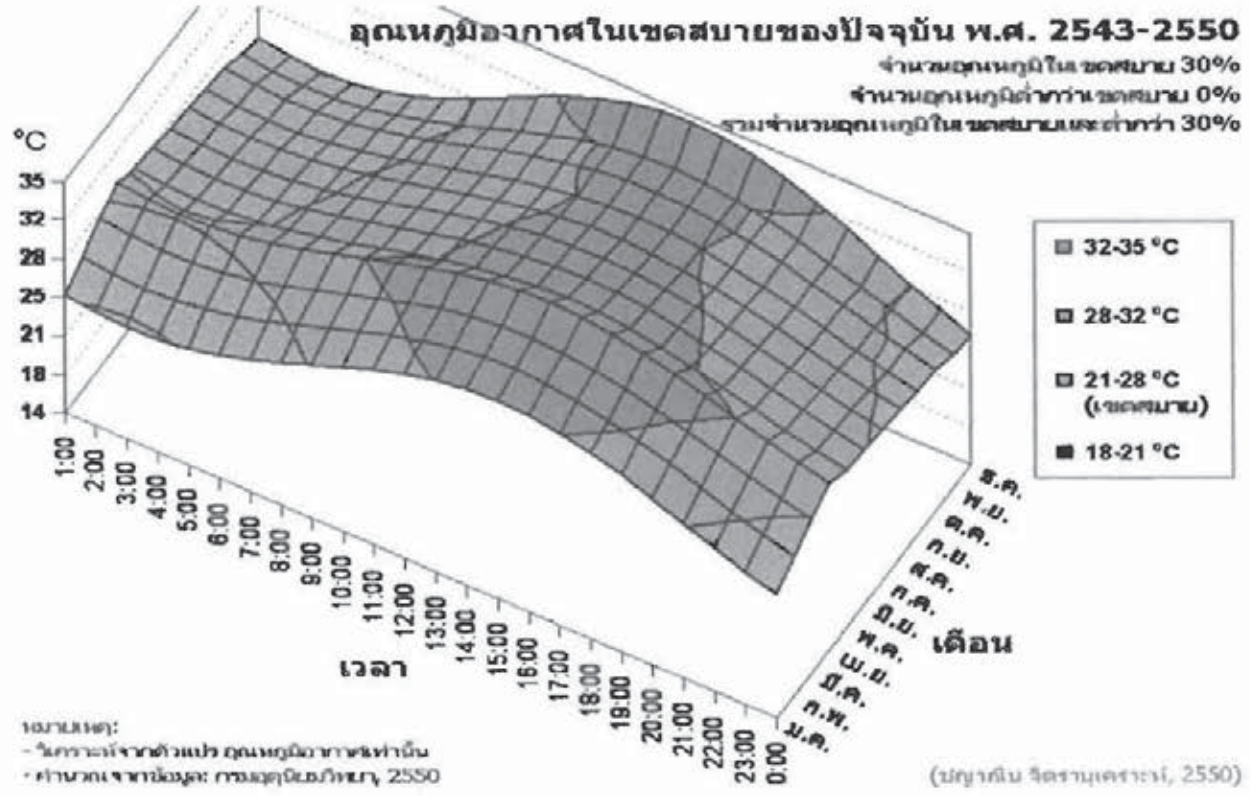
Sufficient home was designed from a study of the environment in Thailand. The collected data of 160 years ago from Sir John Bowring book during King Rama V period, air temperature and humidity were measured with thermometer for 8 years continuously. It is found on page 398-400 that during the period of 1840 1847 AD in Bangkok, air temperature in winter was lowest in January between 2:00 - 4:00 am as 18 degrees Celsius while during the day the maximum air temperature was 32 degrees Celsius between 1:00 -3: 00 pm. During summer the lowest air temperature was in May between 2:00 - 4:00 am as 25 degrees Celsius while during the day the maximum air temperature was 35 degrees Celsius between 1:00 -3: 00 pm.

During the period of 2000-2007 AD, It is found that air temperature in winter was lowest in January between 2:00 - 4:00 am as 24 degrees Celsius while during the day the maximum air temperature was 33 degrees Celsius between 1:00 -3: 00 pm. During summer the lowest air temperature was in May between 2:00 - 4:00 am as 28 degrees Celsius while during the day the maximum air temperature was 35 degrees Celsius between 1:00 -3: 00 pm. Comparing maps of the past and aerial photographs during World War 1 and 2 found that in the past 160 years, Bangkok area was covered with 95 percent of green area. Now a day, green area is only 5 percent and 95 percent is hard surface such as roads, buildings, etc. Thus, the development of Bangkok city increases high air temperature in Micro Climate and climate changes. Buildings would be designed to solve those changes. Understanding Micro Climate is a design fundamental leads to basic Passive Design along with thermal comfort understanding. Therefore, building would provide suitable for environment, climate Change, and human comfort.



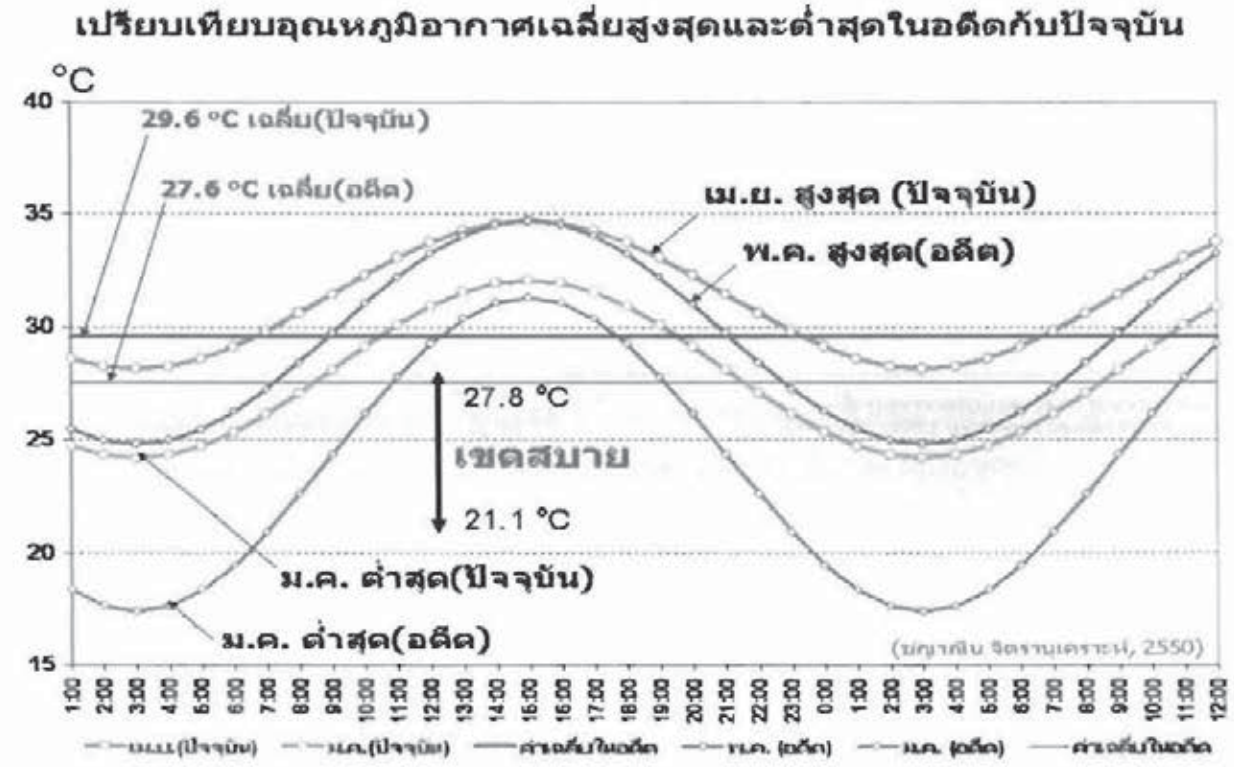
ภาพที่ 1 อุณหภูมิอากาศในกรุงเทพมหานครระหว่างปี พ.ศ. 2383-2390

Figure 1 Air Temperature in Bangkok during 1840-1847 AD



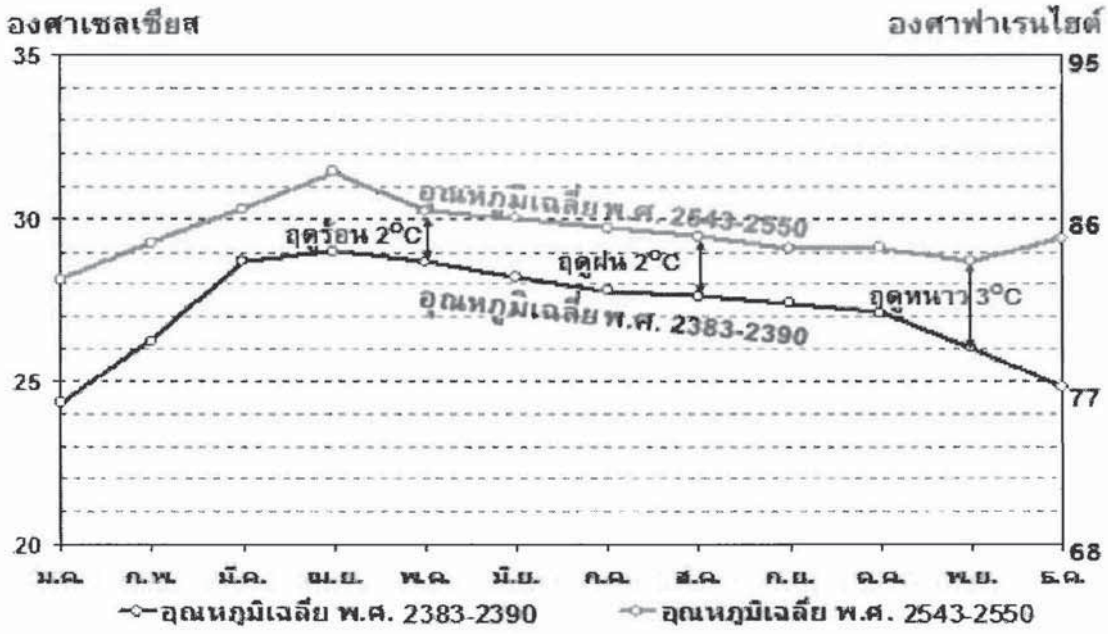
ภาพที่ 2 อุณหภูมิอากาศในกรุงเทพมหานครระหว่างปี พ.ศ. 2543-2550

Figure 2 Air Temperature in Bangkok during 2000-2007 AD



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุด (พ.ศ. 2383-2390 และพ.ศ. 2543-2550)

Figure 3 Maximum and minimum average air temperature comparison (1840-1847 AD and 2000-2007 AD)



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั้งปีในอดีตและปัจจุบัน (พ.ศ. 2383-2390 และพ.ศ. 2543-2550)
Figure 4 Average air temperature comparisons of 1840-1847 AD and 2000-2007 AD.

การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะอุณหภูมิอากาศในกรุงเทพมหานครช่วงระยะเวลา 8 ปี เท่ากันกับช่วงเซอร์จอน บาวริ่ง (Sir John Bowring) นั้น ใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยามาเปรียบเทียบในรูปแบบเดียวกัน พบว่า ลักษณะอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุดอยู่ในเดือนมกราคม

ก่อนการออกแบบคณะผู้วิจัยเก็บข้อมูลความคิดเห็นจากผู้บริโภคถึงปัจจัยที่ใช้ในการสร้างบ้าน หรือซื้อบ้านพักอาศัย พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญของพื้นที่ใช้สอยมากที่สุดถึงร้อยละ 35 ผู้บริโภคให้ความสนใจในมูลค่าการลงทุนและงบประมาณในการก่อสร้างมากเป็นอันดับสองถึงร้อยละ 30 ปัจจัยด้านความปลอดภัยมีความสำคัญร้อยละ 18 ความสำคัญด้านรูปแบบความสวยงามและด้านการประหยัดพลังงานใกล้เคียงกันร้อยละ 10 และ 7 ตามลำดับ ดังนั้นแนวความคิดและรูปแบบบ้านพอเพียงจึงออกแบบเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคทั้งด้านงบประมาณด้านพื้นที่ใช้สอย ด้านความปลอดภัย และด้านประหยัดพลังงาน ส่วนด้านรูปแบบบ้านและความสวยงามนั้นเป็นปัจจัยที่สามารถตกแต่งอาคารได้ตามรสนิยม

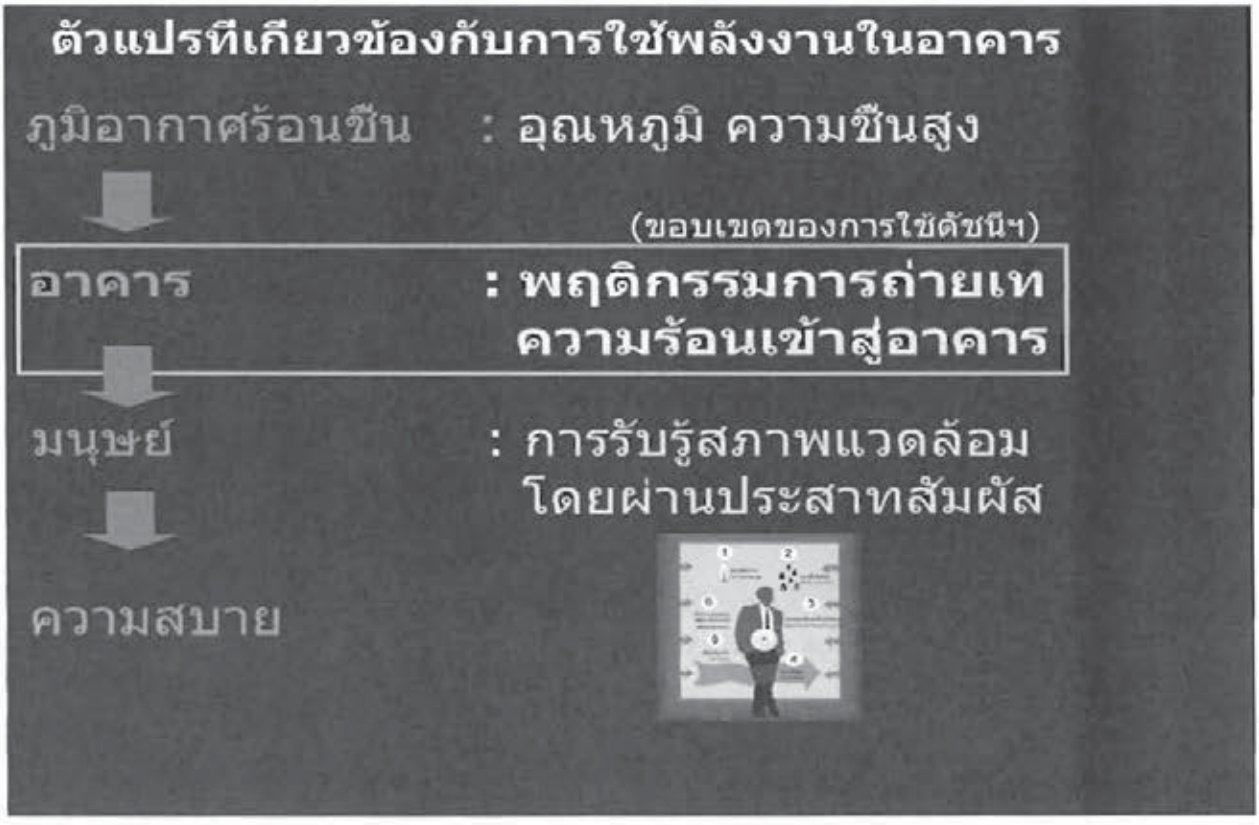
ผู้ออกแบบอาคารควรมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความรู้สึกร้อนหนาว (Thermal Comfort) มนุษย์รับรู้สภาพแวดล้อมโดยผ่านประสาทสัมผัสต่างๆ มี 6 ประการ ประกอบด้วย

1. อุณหภูมิอากาศ
2. ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ
3. อุณหภูมิของพื้นผิวโดยรอบร่างกายซึ่งมีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิวร่างกายกับอุณหภูมิ ผิวสภาพแวดล้อม
4. การเคลื่อนที่ของอากาศโดยกระแสลม ที่ผ่านร่างกายซึ่งมีทั้งลมที่มีอุณหภูมิร้อน อุณภูมิเย็น หรืออุณหภูมิปกติ
5. ลักษณะเสื้อผ้าที่ใส่ (ความหนาของผ้า การระบายความร้อนและเหงื่อจากร่างกาย)
6. กิจกรรมหรือการใช้พลังงานในร่างกาย มีความสัมพันธ์กับอัตราการระบายความร้อนของร่างกายในกิจกรรมนั้นๆ

Hundreds of home owner prospects were reviewed randomly before design started. Statistic data illustrated that home owner concerns in building function and usable area as the highest of 35 percent, construction budget as 30 percent, safety or security for 18 percent, beautiful or style for 10 percent, and energy efficient for 7 percent the lowest. Then, the Sufficient Home was designed as those data suggested.

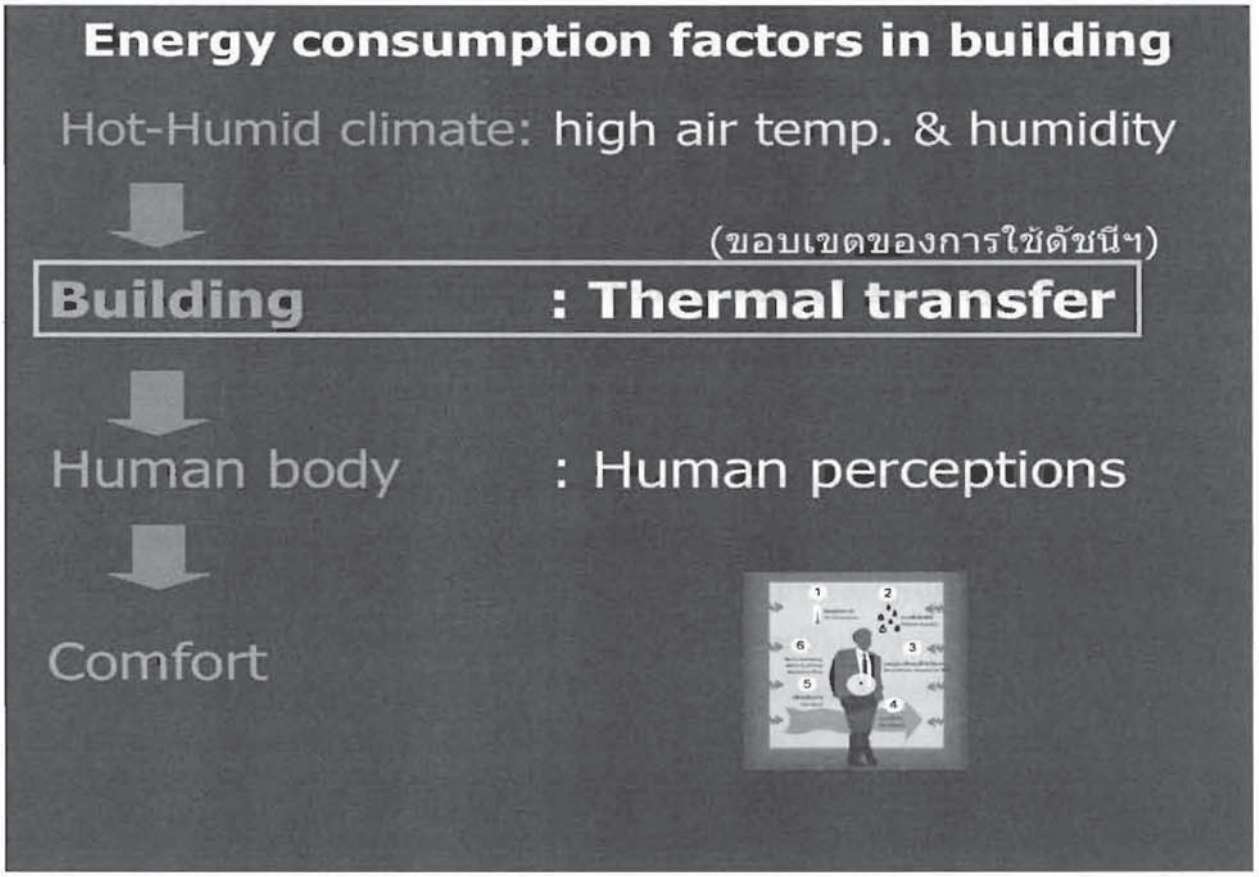
Basic design knowledge especially in thermal comfort should be understood by designers. Thermal comfort which influence human comfort in all senses as 6 influence factors as:

1. Air temperature
2. Relative humidity
3. Mean Radiant Temperature (MRT); environmental surface temperature that radiate to human skin.
4. Wind; air motion which can be higher or lower temperature than indoor air temperature.
5. Clo-value; dress or clothes effected by fabric thickness since it relates to skin evaporation and radiation.
6. Metabolism rate or activity; relate to body cooling of each activity.



ภาพที่ 5 ตัวแปรอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารสู่ความรู้สึกเสมือนของร่างกายมนุษย์ ผ่านเปลือกอาคาร เสื้อผ้า ผิวหนัง ตามลำดับ

Figure 5 External environmental influence factors effecting to human sensation outside into building.



ภาพที่ 6 ตัวแปรอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารสู่ความรู้สึกเสมือนของร่างกายมนุษย์ ผ่านเปลือกอาคาร เสื้อผ้า ผิวหนัง ตามลำดับ

Figure 6 External environmental influence factors effecting to human sensation outside into building.

เมื่อผู้ออกแบบเข้าใจลักษณะการรับรู้ ความรู้สึกร้อน หนาว ของร่างกายแล้ว จะสามารถสร้างปัจจัยทางสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม เพื่อสร้างเงื่อนไขให้ร่างกายรู้สึกเสมือนสบาย การออกแบบอาคารเริ่มจากความเข้าใจอิทธิพลจากองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ อาคาร เป็นต้น ร่างกายมนุษย์จะผสมผสานอิทธิพลเหล่านั้นทำให้เกิดความสบายของร่างกาย ดังนั้นในการออกแบบอาคารบ้านพอเพียง จึงต้องเข้าใจลักษณะภาพรวมตั้งแต่ 1) ระดับ MACRO ซึ่งเป็นอุณหภูมิอากาศของภูมิภาคนั้นๆ 2) อาคารซึ่งเปรียบเสมือนผิวห่อหุ้มร่างกายและกิจกรรมที่ใช้ในอาคาร 3) มนุษย์ซึ่งมีกิจกรรมต่างๆที่ควบคุมได้และ ควบคุมไม่ได้ ลักษณะเสื้อผ้า ลักษณะร่างกายและสภาพแวดล้อมที่สร้างขึ้น

การออกแบบอาคารเริ่มจากความเข้าใจสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นและใช้ประโยชน์จากสภาพภูมิอากาศทั้งหมด ช่วงใดที่อากาศมีความร้อนมากก็จะกันความร้อนไม่ให้เข้าสู่อาคารหรือกิจกรรมภายในอาคาร ช่วงใดที่มีความชื้นสูงควรป้องกันความชื้นหรือลดความชื้นจากภายนอกก่อนนำเข้ามาใช้ในอาคาร อาคารเป็นเสมือนผิวภายนอกที่ปรับปรุงสภาพภูมิอากาศเหล่านั้น เพื่อสร้างเงื่อนไขทำให้ความรู้สึกของมนุษย์เสมือนอยู่ในขอบเขตสบายได้หากช่วงใดที่สภาพแวดล้อมภายนอกอยู่นอกขอบเขตสบายของร่างกายในช่วงฤดูกาลนั้นหรือในช่วงของวันนั้นๆ อาคารสามารถควรปรับปรุงสภาพแวดล้อมโดยใช้ระบบต่างๆ เพื่อสร้างเงื่อนไขให้เกิดความรู้สึกเสมือนสบายแก่ร่างกายมนุษย์ เช่น การใช้พัดลม เพื่อทำให้อากาศหมุนเวียนผ่านร่างกาย เกิดการระบายความร้อนของร่างกายและผิวกายของมนุษย์ การใช้ระบบปรับอากาศทำให้เกิดความเย็นเพิ่มขึ้น กรณีที่อากาศร้อนมากกว่าเขตสบาย หรือการใช้เครื่องทำความร้อนให้กับอากาศ เป็นต้น สภาวะเสมือนสบายของร่างกายมนุษย์จะรับรู้จากสภาพแวดล้อมต่างๆ ทั้ง 6 ตัวแปร การออกแบบ

บ้านพอเพียงผสมผสานปัจจัยเหล่านั้นเพื่อสร้างความรู้สึกเสมือนสบายให้กับมนุษย์ มนุษย์อาจจะรู้สึกสบายในอุณหภูมิอากาศที่ร้อนกว่าเขตสบาย แต่ใช้การเคลื่อนที่ของลมเพื่อพัดพาความร้อนจากผิวร่างกายสร้างให้เกิดความสบาย จึงเป็นความสมดุลระหว่างการระบายความร้อนจากร่างกายในอากาศที่ร้อน ตัวอย่าง การสร้างความเสมือนสบายจากตัวแปรการแผ่รังสีของอุณหภูมิผิวภายนอกของร่างกายให้ร้อนขึ้นหรือเย็นลง เช่น ถ้าเรานั่งรับประทานอาหารในร้านสุกี้ที่มีระบบปรับอากาศตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส แต่เรานั่งใกล้กับเตาไฟสุกี้ ทำให้การแผ่รังสีของหม้อต้ม ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส แผ่รังสีความร้อนเข้าหาร่างกายของเราที่มีอุณหภูมิผิวหนังประมาณ 32 องศาเซลเซียส เนื่องจากพลังงานความร้อนของอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ถ่ายเทเข้าสู่อุณหภูมิที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า คือ 32 องศาเซลเซียส ทำให้ร่างกายของเรารู้สึกร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศขณะนั้น เช่นเดียวกับการผิงไฟในฤดูหนาว จะใช้วิธีการแผ่รังสีความร้อนจากกองไฟสู่ร่างกายมนุษย์ จึงรู้สึกเสมือนร้อน ในห้องอาหารขณะรับประทานสุกี้ ถึงแม้อุณหภูมิอากาศภายในห้อง 25 องศาเซลเซียส แต่ร่างกายรู้สึกเสมือนที่ร้อนขึ้น หากเราใช้ก้อนน้ำแข็งวางแทนหม้อไฟสุกี้ จะทำให้ความรู้สึกเสมือนที่เย็นลง ซึ่งเกิดจากอุณหภูมิน้ำแข็งที่มีอุณหภูมิ ต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ทำให้พลังงานความร้อนที่ผิวร่างกาย แผ่รังสีเข้าสู่ผิวน้ำแข็ง ร่างกายจะรู้สึกหนาวกว่า 25 องศาเซลเซียส ดังนั้นตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของอุณหภูมิผิวร่างกาย และอุณหภูมิผิวของสภาพแวดล้อม จึงเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลสูง ถ้าอาคารมีผิวที่มีอุณหภูมิสูงกว่าผิวร่างกาย จะทำให้ร่างกายได้รับพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนนั้น ร่างกายจึงรู้สึกเสมือนว่าร้อนมากกว่าอุณหภูมิอากาศ

ตัวอย่าง อิทธิพลของตัวแปรกิจกรรมการใช้พลังงานของร่างกาย ถ้าในห้องปรับอากาศสำหรับเล่นกีฬาปรับอุณหภูมิอากาศประมาณ 18 องศาเซลเซียส เช่น การเล่นกีฬาในห้องสควอส เนื่องจากร่างกายเคลื่อนไหวออกกำลังกาย จึงใช้พลังงานสูง ทำให้ร่างกายมีความจำเป็นต้องระบายความร้อนออกมาจากร่างกายในอัตราที่สูงกว่าปกติ การตั้งอุณหภูมิอากาศในห้องสควอสต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส ของค่าอุณหภูมิสบายปกติ เพื่อชดเชยอัตราการระบายความร้อนจากร่างกาย จะทำให้ร่างกายรู้สึกสบายเสมือนอุณหภูมิอากาศที่ 25 องศาเซลเซียส

ในกรณีที่ใช้พัดลมพัดอากาศเข้าสู่ร่างกายก็เช่นเดียวกัน เป็นปัจจัยตัวแปรทำให้ร่างกายรู้สึกเสมือนเช่นกัน หากใช้กระแสลมที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องพัดผ่านร่างกายนั้น จะทำให้ร่างกายมนุษย์ รู้สึกเสมือนเย็นลง ร่างกายจะรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศจริงตามสูตรการคำนวน หากอุณหภูมิอากาศภายในห้องเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส และมีลมร้อนพัดผ่านผิวร่างกาย จะทำให้ร่างกายรู้สึกว่าร้อนกว่าปกติ เนื่องจากอุณหภูมิอากาศที่พัดมาร้อนกว่าอากาศภายในห้อง ซึ่งเป็นการนำพลังงานความร้อนของอากาศถ่ายเทสู่ผิวร่างกาย กรณีที่กระแสลมมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในขณะนั้น จะทำให้มนุษย์รู้สึกเย็นกว่าอุณหภูมิห้อง เนื่องจากกระแสลมที่มีอุณหภูมิต่ำพัดผ่านร่างกายและดึงความร้อนจากร่างกายออกไป จึงทำให้ผิวร่างกายระบายความร้อนออกทั้งการนำพา (Convection) ของอากาศที่สัมผัสผิวร่างกาย และการระบายความร้อนจากความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าผิวร่างกายไปพร้อมๆกันในสองปัจจัย ดังนั้นการออกแบบจึงต้องเข้าใจเรื่องกระแสลมและความรู้สึกเสมือนของมนุษย์ ซึ่งเป็นปัจจัยตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบเกี่ยวกับความสบายของร่างกาย

เทคนิคในการออกแบบบ้านพอเพียงนั้น จะใช้ศักยภาพของภูมิอากาศภายนอกที่มีอยู่ทั้งหมด ร่วมกับการปรับเงื่อนไขของอาคารซึ่งเปรียบเสมือนผิวผนังอีกชั้นของร่างกาย และการสร้างเงื่อนไขความรู้สึกเสมือนสบายให้กับร่างกายมนุษย์ที่จะรับรู้ได้ ปรัชญาการออกแบบบ้านพอเพียงด้านความสบาย ประกอบด้วย 1) Thermal comfort คือ ความสบายทั้งด้านความรู้สึกร้อนหรือเย็น 2) ความสบายในด้านสายตาเกี่ยวกับแสง ความสว่างและมุมมองที่ปลอดภัย 3) ความสบายด้านเสียงในห้องต่างๆจะมีความดังของเสียงตามมาตรฐานแต่ละกิจกรรม

การออกแบบอาคารเพื่อให้ประหยัดพลังงานจากระบบปรับอากาศ โดยนำฐานข้อมูลที่มีการศึกษาวิจัยเป็นเวลาประมาณ 10 ปี พบว่าระบบปรับอากาศในประเทศไทยมีความจำเป็นต้องปรับเงื่อนไขของสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นโดยการลดอุณหภูมิและลดความชื้นในอากาศ อุณหภูมิอากาศในแต่ละภูมิภาคเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสบายของร่างกาย

เช่น ภูมิอากาศร้อนแห้ง แสดงว่า อากาศมีอุณหภูมิร้อนเกินเขตสบาย และมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศน้อยกว่าเขตสบาย ภูมิอากาศหนาวแห้งแสดงว่าอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าเขตสบาย และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศน้อยกว่าเขตสบาย ระบบปรับอากาศในประเทศไทยออกแบบให้มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น เมื่ออากาศผ่านเครื่องปรับอากาศจะใช้พลังงาน เพื่อลดความร้อนเพียงประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด ส่วนอีกประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์นั้น จะใช้พลังงานในการลดความชื้นอากาศทำให้อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออากาศมีความชื้นลดลงทำให้ผิวร่างกายเกิดความสบายมากขึ้น เกิดการระเหยไอน้ำออกจากผิวร่างกายผ่านระบบเหงื่อที่ผิวร่างกายขับน้ำออกมา การระเหยของน้ำที่ผิวร่างกายทำให้ อุณหภูมิผิวหนังของมนุษย์รู้สึกสบายขึ้น เป็นเทคนิคในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอน้ำ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นก๊าซต้องการใช้พลังงานในการเปลี่ยนสถานะ ปกติการเปลี่ยนสถานะแต่ละครั้งจากของเหลวเป็นก๊าซนั้น จะใช้พลังงานความร้อนแฝงเพิ่มขึ้นอีก 1 องศาเซลเซียส (หรือ 1 องศาฟาเรนไฮต์) การระเหยของน้ำจากเหงื่อ เป็นการนำความร้อนจากของเหลวภายในร่างกายผ่านผิวผนัง ทั้งการนำความร้อนโดยของเหลวและการเปลี่ยนสถานะ ซึ่งเป็นเทคนิคธรรมชาติของร่างกายมนุษย์ที่เป็นสัตว์เลือดอุ่น

Understanding natural perception of human body thermal comfort, it can be able to design architectural and environmental factors. To create conditions for human body to feel comfortable, architectural design starts with various influence comfort factors such as air temperature, plant. Human body would combine those factors to enhance its comfort as applied to sufficient home. Therefore, designers need to understand the overall picture in three scales as 1) macro environment: air temperature characteristic of region, 2) building as virtual body envelops and functions, and 3) human activities which can be controlled or cannot, clothing, health, man-made environment.

Building design starts with understanding hot-humid climate and taking all advantages from it. When outside air temperature is hot, building envelop and openings would protect all those heat sources entering a building. When outside air has high relative humidity, it can prevent humidity or moisture from outside making human comfort condition.

If external environment is out of comfort zone during season or during the day, electric fan can provide air circulate through human body to reach comfort by skin convection. Air conditioning system can modify hot air temperature reaching comfort zone. On the other hand, heater also can modify cold air temperature. Those 6 thermal comfort factors are important to architectural and environmental design. Sufficient home design adopts those comfort factors to make human body feel comfort. In hot pot restaurant, for example, hot pot with surface temperature of 100 degree Celsius radiates to body skin with surface temperature of 32 degree Celsius. Body feel worm even room temperature is 25 degree Celsius. It is similar process of fire place in European house. If using huge ice bucket instead of hot pot, body feel cooler since 32 degree Celsius skin radiates to 0 degree Celsius ice cube surface. These illustrates that surface radiation to human body skin influences comfort feeling.

Squash exercise room, for instance, would set air temperature as 18 degree Celsius. Exercise body has high metabolism rate, it needs to reduce deep body heat by skin evaporative and cool air temperature to reach comfort zone. If room air temperature set as 25 degree Celsius, human body

cannot reduce enough heat from high metabolism rate. Body will feel too warm and make it uncomfortable.

If external environment is not suitable for human comfort, building can be as a modified factor. Using electrical fan providing air circulate, using air conditioning system to cool down room air temperature, or using heater to warm indoor air are available modes to make thermal comfort condition. Sufficient home uses all 6 thermal comfort factors in all design stages. Users can feel comfort even air temperature is out of comfort zone by using all modified factors. It focused on human comfort sensation instead of scientific number.

Using fan to create air blowing through body, if outdoor air temperature is the same as indoor air temperature, body would feel cooler according to convection effect. In case of inside air temperature is 25 degree Celsius when wormer air temperature blow through body, body would feel worm even inside air temperature is 25 degree Celsius. On the contrary, if blowing air has lower temperature, then body would feel cooler. It is thermal comfort sensation of sufficient home design using convection of different air temperature.

The sufficient home design takes benefit of natural environment first, then combines building envelop and mechanical systems to enhance comfort to human body. Design criteria of human comfort are 1) thermal comfort, 2) visual comfort (light intensity, color, safety), and 3) acoustical comfort (noise and background noise of each activity).

Evaluating about 10 years energy conservation database, air conditioning system in Thailand is necessary to reduce heat and relative humidity from the air. Air temperature of each region effects thermal comfort. Warm and dry air is out of comfort zone meaning to warm and too dry for skin. Cool and dry is also out of comfort as too cold and too dry for body and skin. Air condition system in Thailand is design to reduce heat as well as relative humidity in the air. It would reduce relative humidity to be 45 to 55 percent normally. Energy to reduce heat from air is only 15 percent of all electrical consumption while reducing relative humidity uses 85 percent of electrical power. When relative humidity is about 50 percent, body would feel comfort because of skin evaporative.

บทที่ 2
Chapter 2
ระบบปรับอากาศภายในบ้านพอเพียง
Air Conditioning System in Self-sufficient Home

การประหยัดพลังงานในอาคาร ผู้ใช้อาคารจำเป็นต้องเข้าใจระบบการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ ผู้บริโภคหรือเจ้าของอาคารทั่วไป สามารถสังเกตอัตราใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศได้จากปริมาณน้ำที่ระบายออกมาของระบบปรับอากาศ บ้านทั่วไปส่วนใหญ่จะใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน หรือ (Split Type) ซึ่งมีเครื่องเป่าลมเย็น (Fan Coil Unit: FCU) อยู่ในห้อง และมี (Condensing Unit : CDU) ซึ่งเป็นพัดลมเป่าความร้อนออกจากระบบอยู่ภายนอกห้อง ระบบปรับอากาศนี้ทำงานโดยดึงความร้อนของอากาศจากภายในห้องออกสู่นอก พัดลมช่วยให้อากาศที่ไหลเวียนผ่านขดลวดเย็นภายในห้องและผ่านขดลวดร้อนภายนอกห้อง

ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการลดความร้อนของอากาศจะใช้พลังงานเพียงประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นพลังงานส่วนใหญ่นำไปใช้ในการกลั่นน้ำจากอากาศ ซึ่งเป็นการดึงความชื้นจากอากาศนั้นเอง เนื่องจากอากาศในภูมิภาคร้อนชื้นของประเทศไทยมีความชื้นสัมพัทธ์ปริมาณสูง การลดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจากประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ใช้วิธีการทำให้เกิดหยดน้ำ การใช้ในพลังงานในการกลั่นน้ำในอากาศลักษณะนี้ทำให้ใช้พลังงานถึง 85 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ วิธีการสังเกตอย่างง่ายว่าปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับผู้บริโภคและเจ้าของอาคาร นำภาชนะไปรองน้ำที่ไหลจากเครื่องปรับอากาศของท่อน้ำทิ้งที่หยดสู่ภายนอกอาคาร กรณีที่มีปริมาณน้ำหยดมากไหลเหมือนน้ำจากก๊อกน้ำประปา แสดงว่าความชื้นในห้องสูง ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนและการกลั่นน้ำที่ขดลวดเย็นภายในห้องของระบบปรับอากาศ ด้วยเหตุนี้พลังงานที่ใช้ในการกลั่นน้ำจึงใช้พลังงานสูง ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าก็สูงเช่นกัน ถ้ามีปริมาณน้ำหยดน้อยการใช้พลังงานในการกลั่นน้ำก็มีสัดส่วนที่น้อยตามลำดับกันไป

กรณีที่มีน้ำทิ้งไหลจากระบบปรับอากาศในปริมาณมาก แสดงให้เห็นว่าเครื่องปรับอากาศนั้นใช้พลังไฟฟ้าสูง เจ้าของบ้านจะจ่ายค่าไฟในสัดส่วนที่สูง จึงเปลืองไฟมากกว่าเครื่องปรับอากาศที่มีน้ำไหลจะระบบปรับอากาศน้อยกว่าในชั่วโมงนั้นๆ ทั้งนี้ในแต่ละชั่วโมงจะมีความแตกต่างกันของปริมาณพลังงานที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณหยดน้ำที่เกิดขึ้น ในฤดูร้อนอาจจะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่สูง เนื่องจากความร้อนของอากาศ แต่ในฤดูหนาวอาจจะมีการใช้พลังงานน้อยเนื่องจากมีความชื้นสัมพัทธ์และความร้อนในอากาศต่ำกว่าฤดูอื่นนั่นเอง ส่วนในฤดูฝนสัดส่วนการกลั่นน้ำของระบบปรับอากาศจะมีสูงขึ้นทำให้เกิดการใช้พลังงานสูงกว่าในฤดูอื่น

To monitor energy consumption of air conditioning system in each house, home owner can measure the amount of condensate water from air conditioning system. The more condensate water, the more energy consumes. Regular home air conditioning systems mostly is split type consist of fan coil unit (FCU) in a room and condensing unit (CDU) outside the house. Fan blows inside air through chill grill in FCU and blows outside air through hot grill in CDU. Since most energy consumption in air condition unit in Thailand is condensate process which is 85 percent, the amount of condensate water can be measure to calculate back to the amount of energy consumption in the system.

Many times water condensate from air conditioning system would drip similar to tap water. This means more energy consume. The amount of condensate water would be different depending on weather condition, season,

building envelop, and infiltration. During rainy season, it would consume more energy than in winter, since relative humidity is different.

การปรับปรุงเปลือกอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

$$Q = U * S/A * \Delta t * 1/COP$$

Q = ภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ
U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของเปลือกอาคาร
S/A = อัตราส่วนของเปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย
Δt = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายใน
COP = ค่าประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศ

การลดพลังงานไฟฟ้า

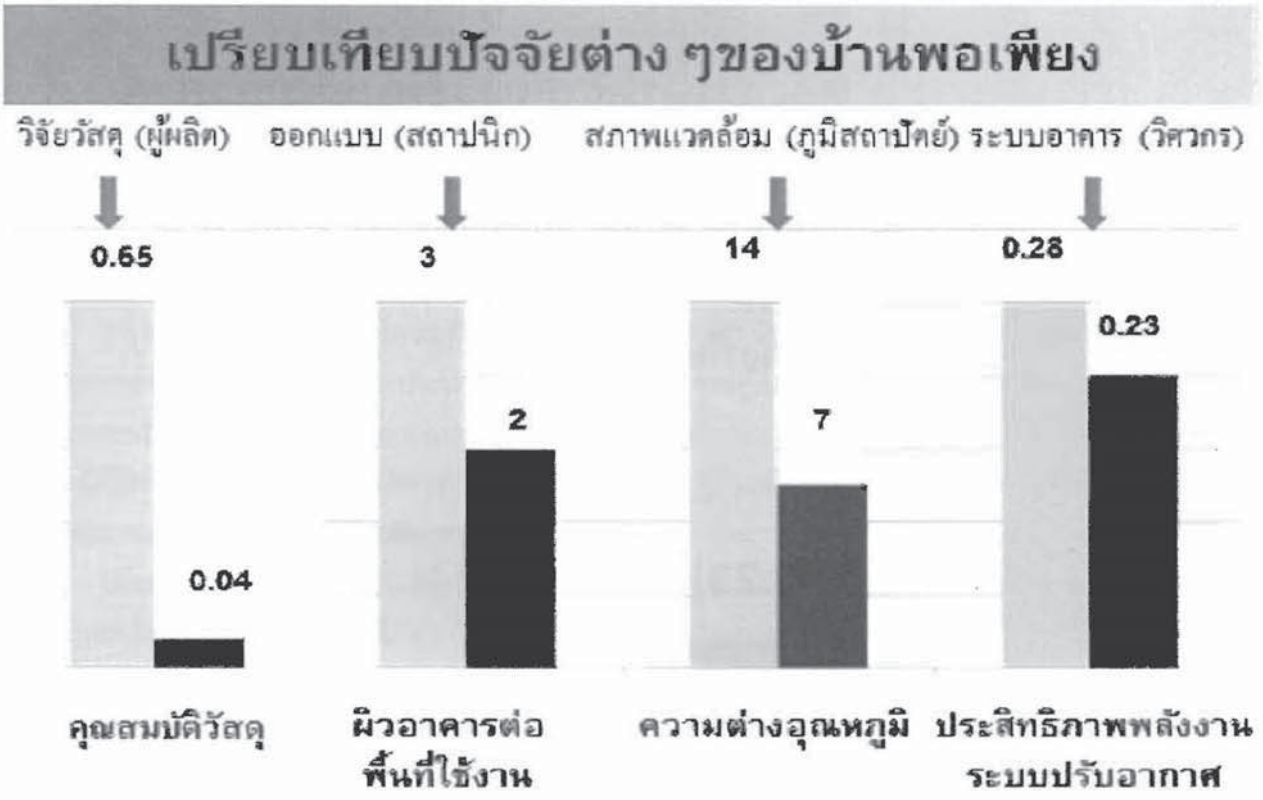
$$Q = U * S/A * \Delta t * 1/COP$$

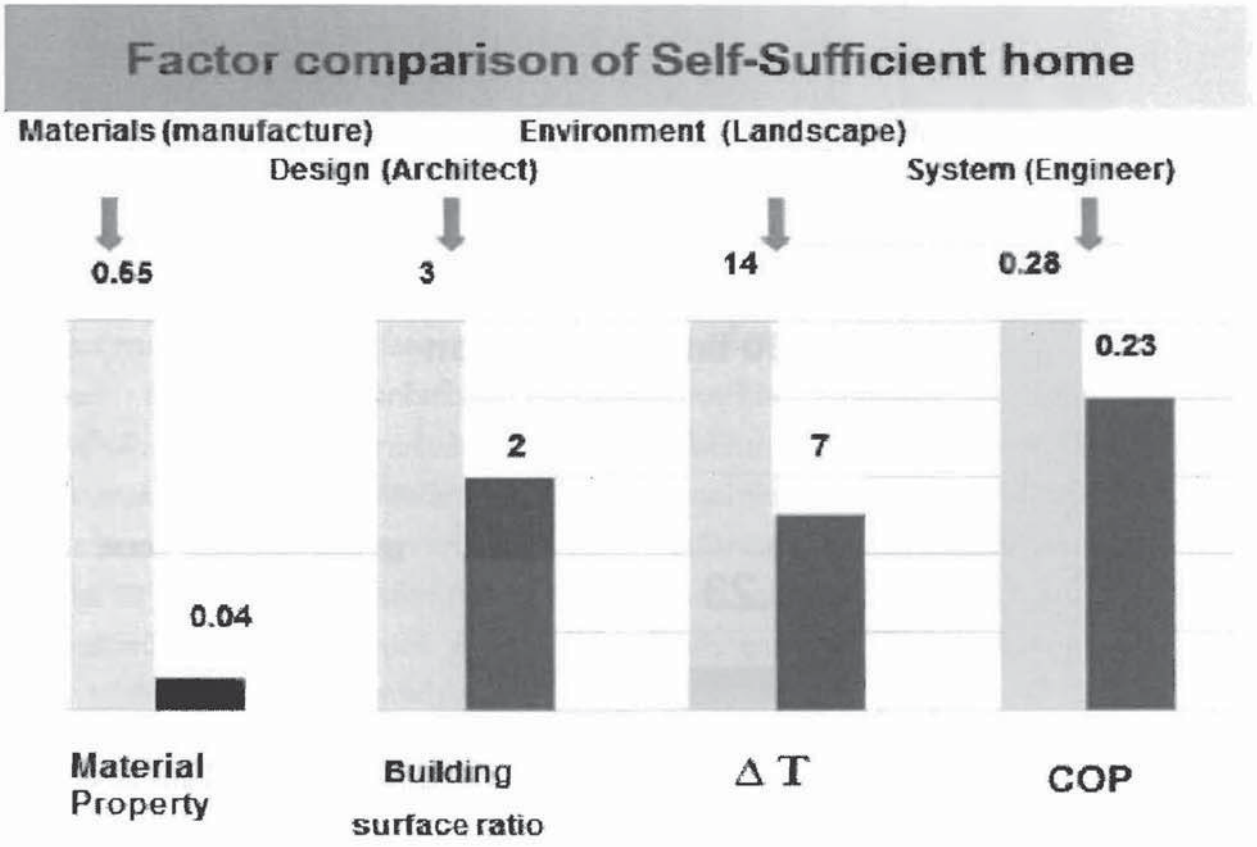
บ้านทั่วไป	บ้านพอเพียง
0.65 * 3 * 14(1.8)* 1/3.5	0.04 * 2 * 7(1.8)* 1/4.3
14.04	0.23

ต่างกัน 60 เท่า

ภาพที่ 7 ตัวแปรที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานและภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ สูตรการคำนวณใช้ประเมินศักยภาพด้านการลดการใช้พลังงานในขั้นตอนการออกแบบ

Figure 7 Influence variables in energy efficient formula.

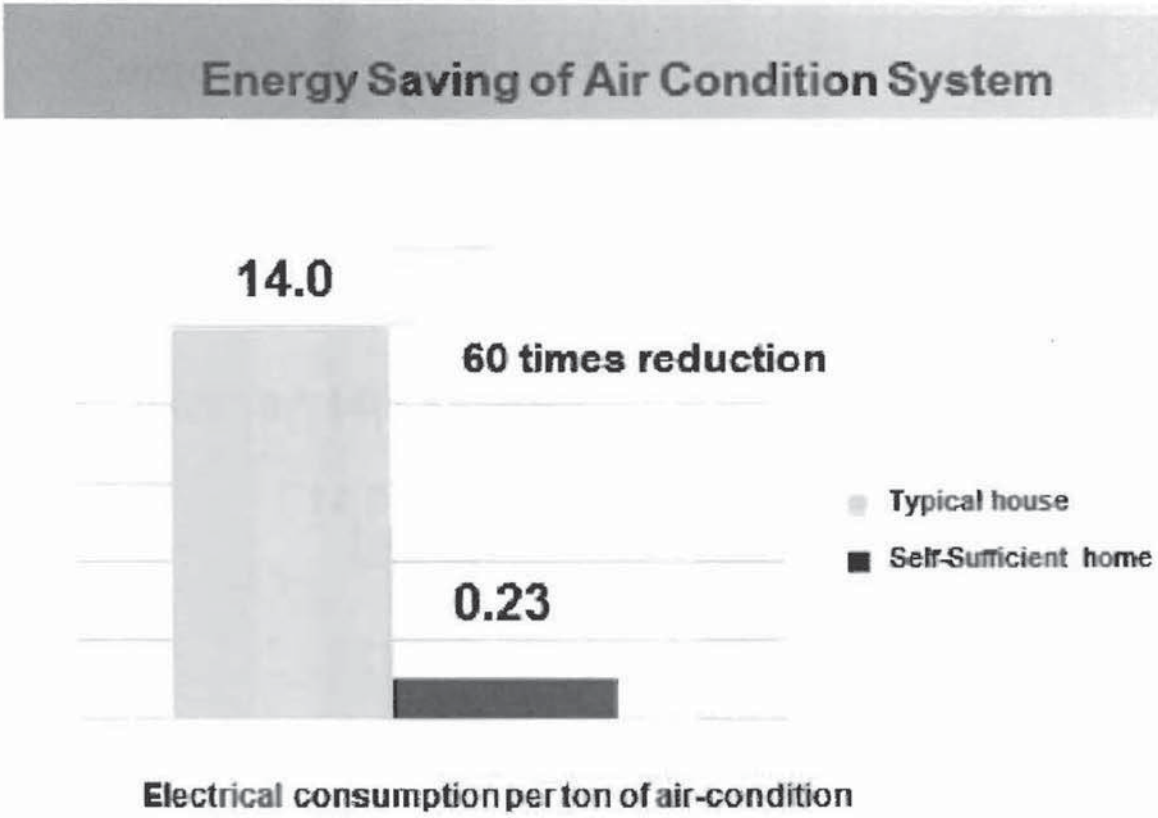




ภาพที่ 8 ผู้ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรการประหยัดพลังงานของบ้านพอเพียง

Figure 8 Involed steakholders effecting to energy conservation of Self-sufficient Home.

พลังงานไฟฟ้าต่อระบบปรับอากาศ 1 ตัน



ภาพที่ 9 การลดความต้องการการใช้พลังงานของบ้านพอเพียงเปรียบเทียบกับบ้านทั่วไป

Figure 9 Energy demand comparison between normal house and Self-sufficient Home.

บทที่ 3
Chapter
เทคนิคการออกแบบโดยใช้ Bio-Climatic Chart
Design Techniques using Bio-Climatic Chart

การออกแบบโดยใช้ ไบโอไครเมติกส์ (Bio-Climatic Chart) นั้น เป็นการออกแบบโดยแบ่งเงื่อนไขของสภาพภูมิอากาศของภูมิภาคต่างๆของโลก ประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศอยู่ในเขต D จะเห็นได้ว่าอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงและความร้อนสูง เทคนิคในการออกแบบโดยใช้ข้อมูลทางวิชาการจากไบโอไครเมติกส์ (Bio-Climatic Chart) นั้น แนะนำให้ใช้ความเร็วลมเพื่อช่วยลดและระบายความร้อนจากความรู้สึกเสมือนของร่างกายมนุษย์ จากนั้นแนะนำให้ลดอุณหภูมิอากาศซึ่งมีเทคนิคและวิธีหลากหลาย

วิธีลดอุณหภูมิอากาศที่ง่ายที่สุดในปัจจุบันคือ การเพิ่มจำนวนพื้นที่สีเขียวหรือต้นไม้รอบอาคารโดยใช้เทคนิคการระเหยของน้ำจากต้นไม้พืชพันธุ์สีเขียว กระบวนการสังเคราะห์แสงจะดึงน้ำจากใต้ดินผ่านระบบรากเพื่อผลิตอาหารร่วมกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นการเปลี่ยนพลังงานคลื่นแสงอาทิตย์ กลายมาเป็นสารเคมีในรูปแป้งหรือน้ำตาลใช้และสะสมในตัวเนื้อไม้ และยังเป็นการคายน้ำโดยการระเหยของน้ำที่เป็นของเหลวจากดินกลายเป็นไอที่ปากใบ จึงเปรียบเสมือนการระบายความร้อนที่ผิวร่างกายมนุษย์ เทคนิคการระบายความร้อนของพืชพันธุ์สีเขียว เป็นเทคนิคเดียวกันของการระบายความร้อนของผิวหนังมนุษย์ คือการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ

นอกจากการลดอุณหภูมิอากาศของพืชพันธุ์สีเขียวแล้ว ยังสามารถใช้ระบบเครื่องกล คือ การนำระบบปรับอากาศมาใช้ปรับอากาศในอาคาร ระบบปรับอากาศในประเทศไทยออกแบบให้มีสัดส่วนในการลดความชื้นมากกว่าระบบปรับอากาศในต่างประเทศที่อยู่ในเขตหนาวแห้งหรือร้อนแห้งซึ่งมีปริมาณความชื้นน้อยกว่า ดังนั้นการนำระบบปรับอากาศจากต่างประเทศมาใช้ในเมืองไทย จึงต้องเข้าใจข้อกำหนดในการออกแบบระบบที่ไม่ตรงกับสภาพภูมิอากาศของพื้นที่นั้น

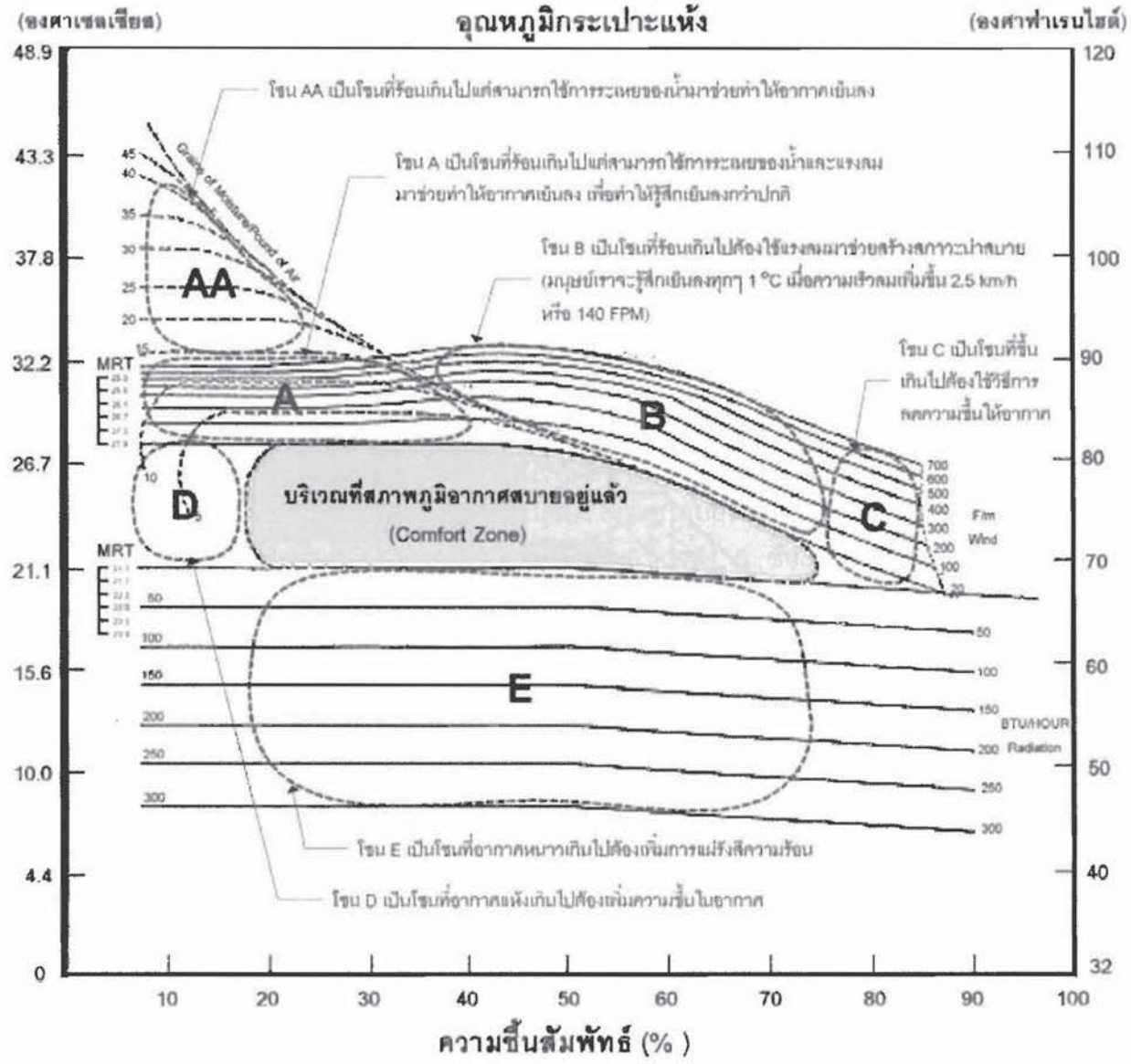
การออกแบบอาคารโดยใช้ Passive Design สามารถลดความร้อนของอากาศภายนอกอาคารจากสภาพแวดล้อมธรรมชาติได้ แต่ไม่สามารถลดความชื้นในอากาศหรือความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศได้ ซึ่งแสดงใน Psychromatric chart การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศโดยติดตั้งระบบปรับอากาศเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย ความชื้นสัมพันธ์ในอากาศเป็นตัวแปรที่สำคัญ เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงทำให้ร่างกายมนุษย์รู้สึกอึดอัด ความรู้สึกคล้ายๆกับช่วงเวลาก่อนฝนตกที่ร่างกายมีความรู้สึกเหนียวตัว เนื่องจากปริมาณน้ำที่ขับออกจากเหงื่อบริเวณผิวหนังของมนุษย์ ไม่สามารถระเหยหายเป็นไอได้ อากาศความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีปริมาณสูง ซึ่งหมายถึงเมื่อปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูงประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปจะมีเพียงไม่ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ของมวลอากาศที่สามารถอุ้มน้ำได้ ดังนั้นการระเหยของเหงื่อบนผิวหนัง จึงมีอัตราที่ช้ากว่าปกติ ทำให้มนุษย์รู้สึกเหนียวตัว หากความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ มีปริมาณสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ หมายถึง มวลอากาศไม่สามารถรับน้ำจากการระเหยของสิ่งต่างๆในสภาพแวดล้อมได้แล้ว จะทำให้ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถระเหยเหงื่อออกไปได้เช่นกัน

Bio-Climatic Chart is a modification guideline for each region using those 6 thermal comfort factors to reach comfort zone. Thailand is in zone D in Bio-Climatic Chart which is hot-humid climate meaning too hot and too humid for human body. Bio-Climatic Chart suggests to use wind velocity and cool MRT for passive design approach.

Today, a simple way to reduce outdoor ambient temperature is to increase green area abound building. All plants will use photosynthesis process which draw liquid water from the ground and evaporate to vapor in the air. This is the same principle of human skin to cool down body. Therefore, the environment acts like cooling microclimate. Product of photosynthesis is sugar and flower which consist of carbon atom from carbon dioxide in the air.

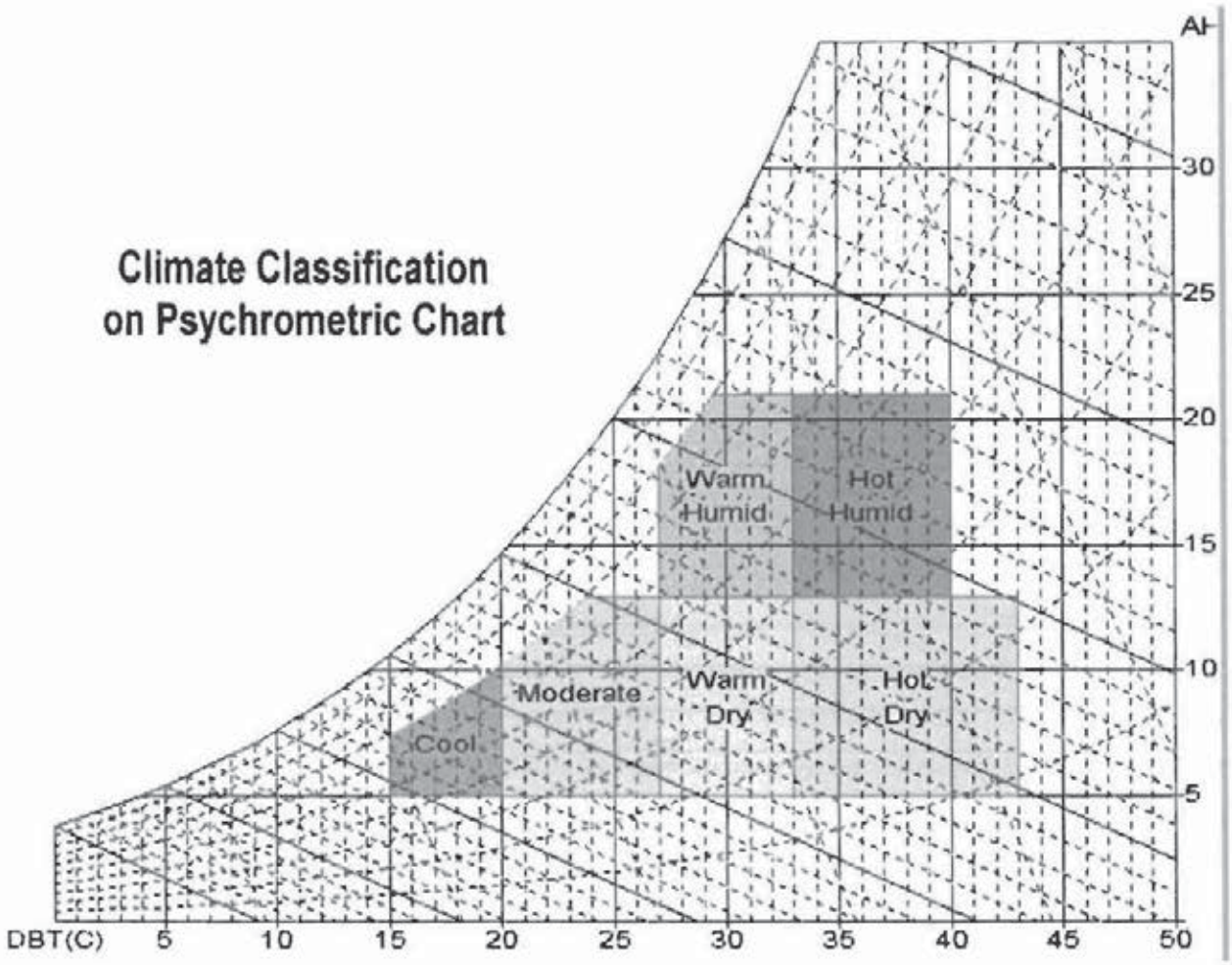
In the same token, air condition system is applied to modify indoor air reaching comfort zone. Air condition system in Thailand was designed to reduce heat and moisture fit to hot-humid climate. The system is different than air condition set in other region. Therefore, it needs to be understood to select an appropriate system.

Passive design principle approach can reduce air temperature and ambient temperature but it cannot reduce relative humidity in the air as illustrate in Psychometric chart. The easiest way to control relative humidity in indoor air is to apply air conditioning system. Relative humidity in the air is very important factor to human comfort since body skin needs to evaporate water. Every time before rain, most people would feel discomfort because relative humidity in the air is 100 percent. It means the air cannot carry any more vapor. This means body skin cannot release heat by evaporate process.



ภาพที่ 10 การใช้ข้อมูลจากไบโอไครเมติกส์ (Bio-Climatic Chart) เพื่อปรับสภาพแวดล้อมให้เข้าสู่เขตสบายของร่างกาย ทั้งภายนอกอาคารและภายในอาคาร (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 39)

Figure 10 Using information from Bio-Climatic Chart for outdoor and indoor environmental modification. (Boonyatikarn, 1999 in thai)



ภาพที่ 11 การใช้ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์จาก Psychromatric chart สำหรับการออกแบบบ้านพอเพียง (ภาพจาก www.shadyattia.net 21 สิงหาคม 2556.)

Figure 11 Relative influence factors of air temperature and relative humidity from Psychromatric chart to Self-sufficient Home design. (www.shadyattia.net August 21st, 2013)

บทที่ 4
Chapter 4
การออกแบบบ้านพอเพียง
Self-Sufficient Home Design Technique

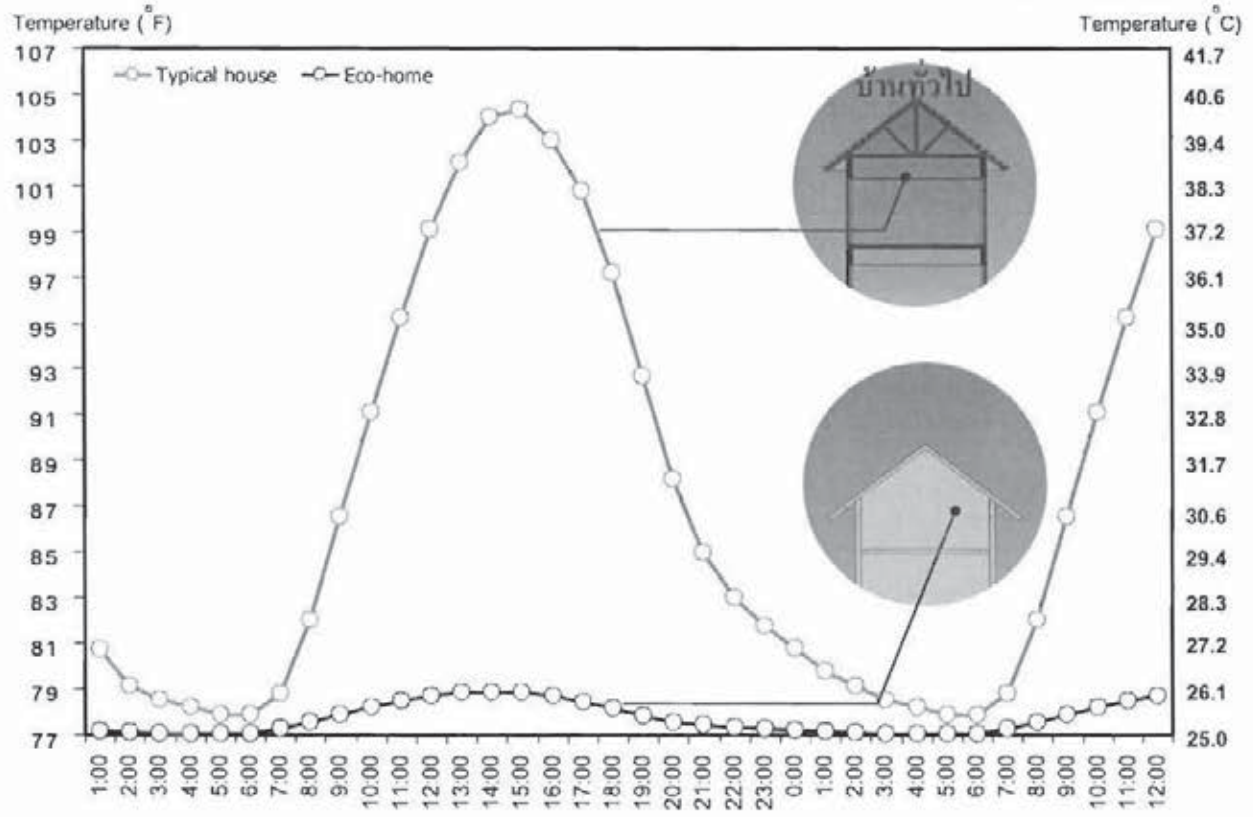
การออกแบบอาคารเริ่มจากการวางผังโดยใช้ประโยชน์จากพื้นที่รอบอาคารเป็น Micro climate พร้อมกับผลการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจลักษณะของสภาพแวดล้อมนำไปสู่แนวคิดการออกแบบอย่างยั่งยืน เพื่อให้อาคารอยู่ได้ด้วยตนเอง สามารถใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมได้อย่างเต็มที่ โครงการบ้านพอเพียงตั้งอยู่ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ศูนย์บางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นพื้นที่โล่งมีคุณสมบัติดินเปรี้ยวและน้ำเปรี้ยว มีปลวกเป็นจำนวนมาก พื้นที่ค่อนข้างแห้ง ขาดน้ำและมีพื้นผิวที่ร้อนรอบบริเวณ พืชพันธุ์ไม่สามารถขึ้นได้ตามปกติ

ลมประจำที่เกิดขึ้นในพื้นที่ มีอาคารสัมนาคาร ซึ่งเป็นอาคารสูง 6 ชั้น ขวางแนวลมในทิศเหนือและทิศใต้ อาคารสัมมนาคารออกแบบตามแนวยาวตะวันออกและตะวันตกเพื่อรับลมประจำและลดพื้นผิวรับแดดตามแนวคิด Passive Design ทำให้ลมที่จะพัดเข้าสู่อาคารบ้านพอเพียงที่อยู่ทางทิศใต้และอยู่ในระดับต่ำกว่าอาคารสัมนาคารที่มีความสูง 6 ชั้น จึงเกิดลักษณะลมข้ามอาคาร ดังนั้นแนวความคิดในการออกแบบบ้านพอเพียงจึงเริ่มจากการสร้างจากสภาพแวดล้อมให้สมบูรณ์ โดยใช้แหล่งน้ำซึ่งอยู่ทางทิศใต้และตะวันตกเฉียงใต้ เป็นการปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้สมดุล สภาพแวดล้อมมีผิวเย็น มีร่มเงา ลดแหล่งสะสมความร้อนจากแสงอาทิตย์

การใช้แหล่งน้ำมีประโยชน์หลายอย่าง เนื่องจากพื้นที่เดิมเป็นพื้นที่ลุ่มมีน้ำขัง การขุดบ่อน้ำจะนำดินมาใช้ปรับพื้นผิวบริเวณอาคารให้มีความสูงเพื่อลดน้ำขังในบริเวณเดิมและโดยรอบอาคาร บ่อน้ำเป็นเทคนิคการเติมน้ำให้แหล่งน้ำใต้ดิน (Water Recharge) ทำให้เกิดความสมดุลของระบบนิเวศ สร้างความสมดุลของแหล่งน้ำทั้ง 3 ฤดูกาล (ฤดูฝน ฤดูร้อน ฤดูหนาว) นอกจากนี้การออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม (Landscape) รอบอาคารและพื้นที่ใกล้เคียงยังใช้วิธีทำให้พื้นผิวเป็นเนินสูงต่ำสลับกันไป เพื่อให้เนินเหล่านั้นสามารถระบายน้ำฝน ลงสู่พื้นที่ต่ำกว่า เป็นการระบายน้ำผิวดินลงสู่พื้นที่เก็บน้ำที่ออกแบบไว้ (Water Runoff) การออกแบบภูมิสถาปัตย์ที่ใช้เนินดินสูงต่ำนี้ เพื่อแก้ปัญหาน้ำขังบนพื้นราบเมื่อมีน้ำฝนปริมาณมาก น้ำจะขังอยู่บนบริเวณผิวดินที่มีการซึมน้ำช่อนข้างช้า ทำให้เกิดน้ำท่วมน้ำขัง เป็นอุปสรรคต่อการใช้พื้นที่ในฤดูฝน การออกแบบลักษณะนี้จะช่วยทำให้เกิดการไหลของน้ำตามธรรมชาติ เป็นการบังคับทิศทางของ Run off water ให้ลงสู่แหล่งน้ำ และแหล่งน้ำนั้นยังช่วยเพิ่มอัตราการซึมน้ำลงสู่น้ำใต้ดิน

เนินดินและต้นไม้ของภูมิสถาปัตย์โดยรอบ นอกจากใช้ประโยชน์จากดินและการไหลของน้ำฝนแล้ว ยังช่วยในการปรับแนวทางลม การปลูกต้นไม้พร้อมแหล่งน้ำปลูกพืชน้ำต่างๆ เพื่อใช้เป็นอาหารและให้เกิดความสมดุลของระบบนิเวศ แหล่งน้ำในบริเวณทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้นั้นเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ซึ่งมีความลึกประมาณ 1.50 เมตร โดยบริเวณขอบบ่อนั้นจะมีความลึกเพียง 50-60 เซนติเมตร เพื่อความปลอดภัยหากมีการพลัดตกบริเวณแหล่งน้ำเกิดขึ้น

แนวความคิดการออกแบบอาคารในอดีตจะใช้การออกแบบโดยเน้นการรับลมของอาคารตามทิศทางลมและทิศทางแดดเป็นหลัก เมื่อลมประจำพัดมาทางทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้กระแสลมร้อนที่เกิดขึ้นโดยปกติ พัดผ่านผิวน้ำและมีช่วงเวลาเพียงพอที่จะทำให้มวลของอากาศสร้างการระเหยของน้ำบริเวณผิวน้ำ เป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนเกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำจากของเหลวกลายเป็นไอ เป็นการใช้ความร้อนแฝงทำให้น้ำดึงความร้อนออกจากอากาศได้อีก 1 องศา



ภาพที่ 12 เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ผ่านหลังคาบ้านเข้าสู่อาคาร

Figure 12 Comparison of heat flowin from roof between normal house and Self-sufficient Home.

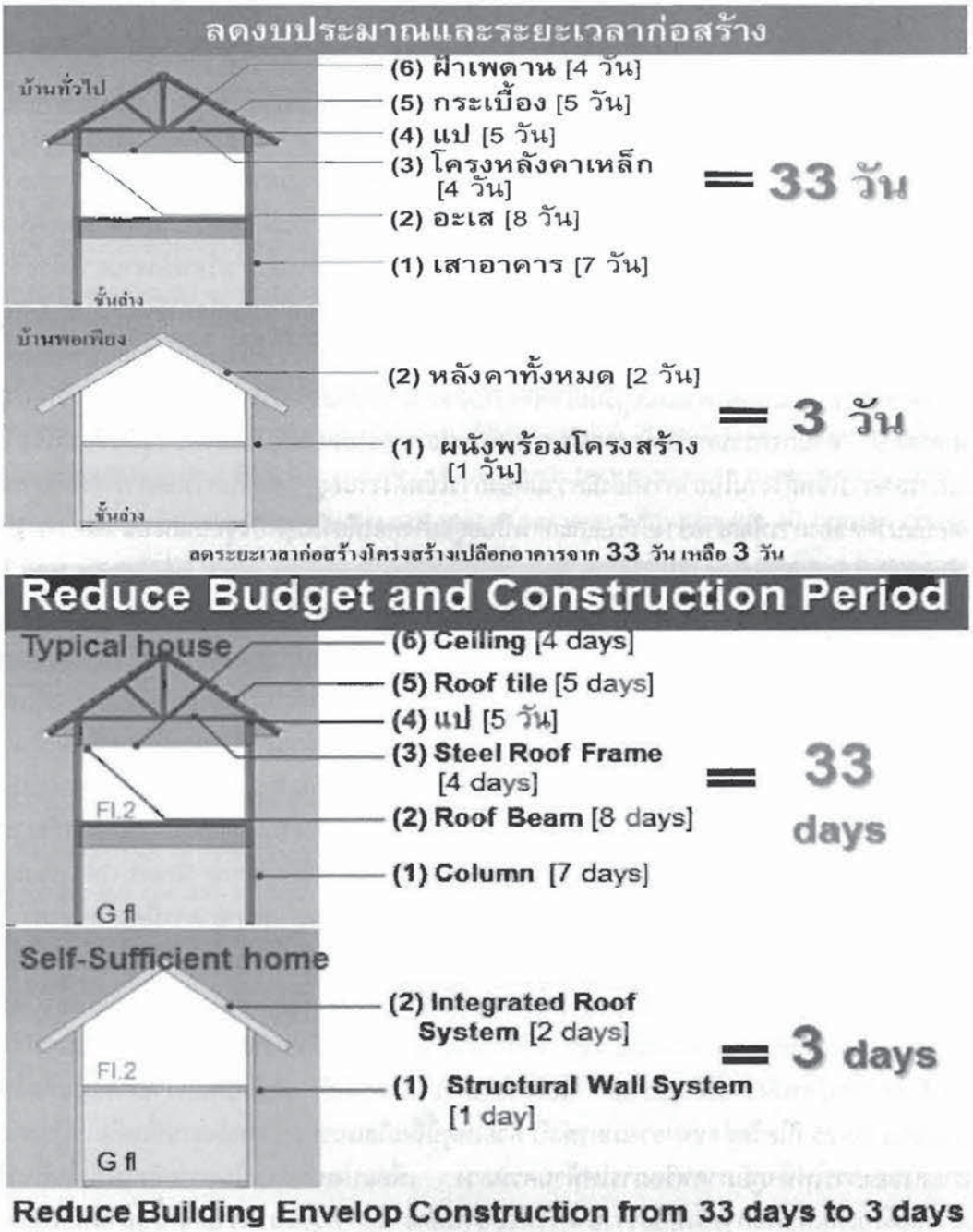
The design started with taking benefit from microclimate along with scientific methods and data. This scientific approach is to make human body feel like comfort by all those 6 thermal comfort factors. It doesn't mean comfort by exact number. Understand how human body feel like comfort provides sustainable design principle. Sufficient home located in Rajabhat Rajanagarindra Bangkla campus, Chachoengsao province, Thailand. Existing land has acid soil and acid water, high amount of termite, very dry in summer and winter, and no existing tree.

Natural wind commonly comes from south and south-western sides but in this site, wind jump over since it has a 6-story building behind. Then, natural ventilation from regular wind is not applicable. The design started with creates land form and pond at the southern side to make complete cool microclimate and build complete natural biodiversity.

Big pond is an essential to the nature. Trees and animals need water to survive. Pond can help a balance of underground water recharge. Mound and elevated pavement were used to direct runoff water to the pond as landscape design element. This can prevent still water in wet area which is a source of mosquito and other reptiles.

Using mound and tree can direct wind and provide shade. These create animal habitats and generate many biodiversity in microclimate. It is 1.50 meter of water depth in pond design with only 50 centimeter depth along the edge to prevent any sink accident.

Passive design technique uses natural ventilation which outside air will pass through water surface and reduce heat by evaporative process.



ภาพที่ 13 แนวคิดและการออกแบบอาคารพร้อมกับการออกแบบวิธีการก่อสร้าง เพื่อลดการสูญเสียวัสดุ ลดแรงงาน ลดค่าแรง และลดระยะเวลาการก่อสร้าง

Figure 13 Design concepts with construction design to reduce construction and demolition wastes, labor, and time.

ข้อมูลจากการศึกษาของหนังสือ การปฏิวัติแนวความคิดทางสถาปัตยกรรม (The new Paradigm Shift in Architecture) พบว่า อาคารทั่วไปที่ปรับอากาศจะใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวนประมาณ 420 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตรต่อปี (kWh/sq.m./yr) จำนวนพลังงานที่ใช้นี้จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกสู่ชั้นบรรยากาศประมาณ 200 กิโลกรัม ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรพื้นที่ใช้สอยต่อปี (CO2 Kg/sq.m./yr) ซึ่งทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน

ยุคต่อมามีการออกกฎหมายเพื่อให้อาคารมีการออกแบบอย่างประหยัดพลังงาน ปริมาณการใช้พลังงานของอาคารโดยเฉลี่ยลดลงได้ประมาณครึ่งหนึ่งของอาคารทั่วไป คือประมาณ 200 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี อาคารที่ดีที่สุดในภูมิภาคเอเชีย จะใช้พลังงานประมาณ 100 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี ซึ่งจะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศประมาณ 50-90 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรพื้นที่ใช้สอยต่อปี

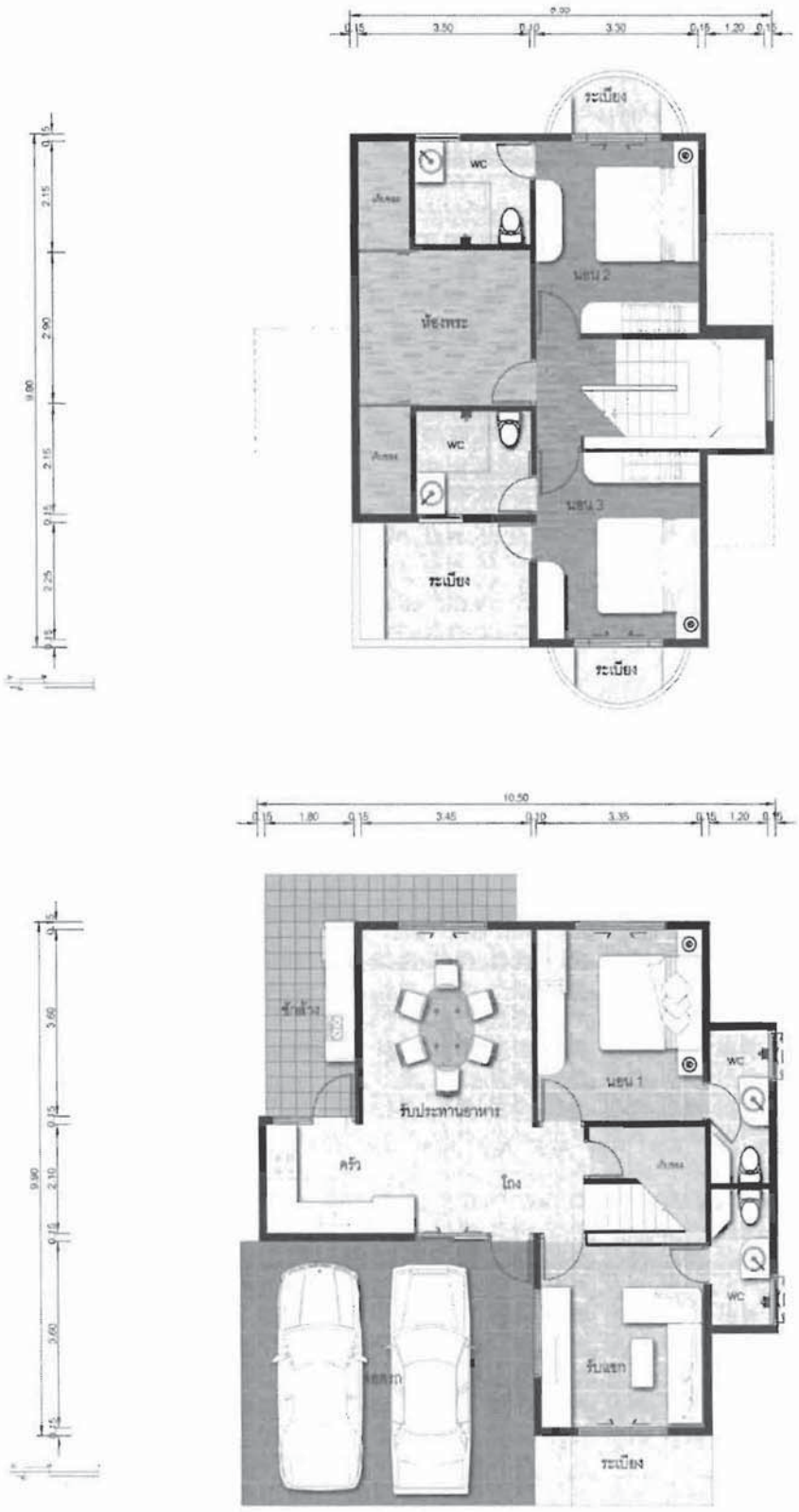
ยุคต่อมาการนำข้อมูลจากการศึกษาวิจัยมาใช้ในการออกแบบอาคารสามารถลดปริมาณพลังงานที่ใช้ในอาคารได้ โดยมีการใช้พลังงานเฉลี่ยระหว่าง 55-65 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี ซึ่งเทียบเท่ากับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศเพียง 22-25 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อปี นอกจากลดพลังงานที่ใช้ในอาคารแล้ว หากนำพลังงานทดแทนที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม หรือพลังงานจากก๊าซชีวภาพ ที่มีผลิตได้ 10-13 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี จึงลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 5-10 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อปี การออกแบบอาคารโดยใช้ผลการวิจัยและกฎหมายอนุรักษ์พลังงานทำให้รูปแบบและเทคนิคการออกแบบอาคารมีแนวโน้มใช้พลังงานลดลงถึงจุดที่ไม่สามารถใช้พลังงานได้ต่ำกว่า 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี ตามกิจกรรมความต้องการในการใช้พื้นที่และความสบายในวิถีชีวิตปัจจุบันของผู้ใช้อาคาร แต่แนวคิดเพื่อการลดการใช้พลังงานในอาคารก็ยังมีความต้องการใช้พลังงานอยู่ ดังนั้นการลดการใช้พลังงานเพียงอย่างเดียวจึงไม่ตอบแนวคิดของการพัฒนาอย่างยั่งยืนและการเป็นอยู่อย่างพอเพียงในยุคปัจจุบันและอนาคต การปรับเปลี่ยนแนวความคิดของการออกแบบหรือการปฏิวัติแกนคิดในการออกแบบ Paradigm shift in Architecture จึงเป็นการผสมผสานระหว่างการช่วยเหลือชุมชน การเอื้ออาทร การออกแบบอาคารที่ใช้เทคนิคทั้งสถาปัตยกรรมวิศวกรรมและเทคโนโลยี การออกแบบอาคารบ้านพอเพียงต้องมีแหล่งผลิตพลังงานที่สร้างขึ้นเพื่อเผื่อแผ่ให้กับชุมชนและเพื่อนบ้านในสภาพแวดล้อมและท้องถิ่นนั้นๆ ดังนั้นการออกแบบอาคารในยุคต่อไป จึงต้องเป็นอาคารที่สามารถสร้างพลังงานได้เองและมีพลังงานเหลือใช้ นำไปเผื่อแผ่ให้กับชุมชนโดยเฉพาะเพื่อนบ้านที่มีศักยภาพด้านพลังงานที่น้อยกว่า จากแนวความคิดนี้จึงนำเทคโนโลยีการออกแบบมาผสมผสานโดยเริ่มจากลดการใช้พลังงานในเบื้องต้นก่อน จากนั้นจึงนำแหล่งพลังงานที่เกิดจากพลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียนมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาคาร เมื่อมีพลังงานเหลือจากการใช้อย่างเต็มที่แล้ว จะแปลงพลังงานนั้นส่งเข้าสู่สายส่งสาธารณะหรือเก็บไว้ในระบบ Smart Grid system เพื่อใช้ประโยชน์อย่างอื่นในช่วงที่จำเป็นต่อไป ผลของแนวคิดการออกแบบดังกล่าว หากอาคารมีความต้องการใช้พลังงาน 50-56 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี จะไม่มีพลังงานเหลือใช้จากแหล่งผลิตพลังงานทดแทนได้ ดังนั้นการออกแบบบ้านพอเพียงจึงต้องลดความต้องการใช้พลังงานของอาคารให้อยู่ระหว่าง 25-36 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี จึงมีพลังงานทดแทนเหลือใช้จากแหล่งพลังงานทดแทนอื่น เช่น พลังจากแสงอาทิตย์ พลังจากกระแสลม พลังงานจากก๊าซชีวภาพ เป็นต้น ที่มีศักยภาพผลิตพลังงานได้ 50-56 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี ทำให้มีพลังงานทดแทนที่ผลิตเกินความต้องการ ประมาณ 20-25 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี ด้วยเหตุนี้จึงเกิดแนวคิดที่ว่าพลังงานที่เหลือใช้นั้นสามารถนำไปขายเข้าสู่สายส่งของการไฟฟ้าภูมิภาคหรือการไฟฟ้านครหลวง เพื่อแบ่งเบาภาระในการผลิตไฟฟ้าในพื้นที่สาธารณะและยังสามารถได้รับเงินเพื่อคืนการลงทุนสร้างอาคารหรือบ้านพักอาศัย ด้วยแนวความคิดนี้ บ้านพอเพียงจึงสามารถสร้างรายได้จากพลังงานที่เหลือใช้เป็นค่าใช้จ่ายในการผ่อนบ้านพักอาศัย อาคารที่ใช้แนวความคิดนี้จึงเป็นอาคารที่เจ้าของอาคารมีรายได้จากอาคาร แทนที่จะเป็นค่าใช้จ่ายคืนเงินกู้และดอกเบี้ย บ้านพอเพียงจึงเป็นแนวคิดของการอยู่ได้ด้วยตนเองโดยสมบูรณ์ นอกจากองค์ความรู้ที่ผู้ออกแบบใช้จากปัจจัยที่มีผลต่อความสบายของร่างกายมนุษย์แล้ว ตัวแปรทั้ง 6 ตัวแปรเหล่านั้น ยังนำมาเสริมและสามารถสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อประโยชน์ต่อการสร้างภูมิอากาศให้เข้าสู่เขตสบายของมนุษย์ได้ ตัวอย่างง่ายๆ เช่น การปรับปรุงพื้นที่โดยรอบอาคาร หรือ Micro climate

Data from revolutionary architectural concept (The new Paradigm Shift in Architecture) explained that a typical building consumes energy from air conditioning system approximately 420 kWh per square meter per year (kWh / sq.m. / yr). It produced carbon dioxide emissions to the atmosphere about 200 kilograms of carbon dioxide per square meter per year (CO2 Kg / sq.m. / yr), which causes global warming.

When energy conservation in building code was applied, the average energy consumption of buildings reduced to about half as 200 kWh / sq.m. / yr. The best building in Asia at that time consumes about 100 kWh / sq.m. / yr. This is the amount of carbon dioxide released to the atmosphere about 50-90 kg of carbon dioxide per square meter per year.

The building technology research data and techniques were used in building design. So, building can reduce energy consumption as 55-65 kilowatts per square meter per year, which is equivalent to the amount of carbon dioxide released into the atmosphere for only 22-25 kilograms per square meter per year. Besides reducing energy consumption, applying renewable energy by photovoltaic, wind turbine, or methane gas can produce 10-13 kilowatts per square meter per year. Thereby, it reduces carbon dioxide emissions by 5-10 kilograms of carbon per square meter per year. Both building regulation and building technology research technique can make energy consumption to the bottom line as 50 kilowatts per square meter per year with provide all human comfort conditions all year round. All those energy conservation approach is still use less but it does not reach true sustainable paradigm. Each building still consumes energy. Therefore, the New Paradigm Shift in Architecture suggests to change the way of building design from "use less" to "produce more." When building consumes minimum at the bottom line, then renewable energy sources are introduced to produce more than consumption rate. It means the amount of renewable energy more than consumption which can be shared to neighborhood. Most energy is in electricity form. Therefore, it is an easy way to apply "Smart Grid System" to local energy network. The surplus energy from a single house can be sole to Electrical Authority which can earn some income to pay home loan debt. Instead of spending money to pay home loan and interest, each single home can completely pay off by itself.

I 26681122



ภาพที่ 14 ผังพื้นชั้นล่างและชั้นสอง แนวความคิดในการจัดพื้นที่ใช้สอย การออกแบบและคำนวณการประหยัดพลังงาน การกำหนดขนาดและวิธีการติดตั้งวัสดุก่อสร้าง

Figure 14 Functional designs of first and second floor plans with energy consumption and installation concern.

ปัจจุบันพื้นผิวอาคารและสิ่งแวดล้อมรอบอาคารนั้นจะเป็นพื้นผิวที่แข็ง มีต้นไม้ปริมาณน้อยทำให้แสงแดดซึ่งเป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติ เป็นแหล่งความร้อนในช่วงเวลากลางวัน ส่องเข้าสู่บริเวณพื้นที่เหล่านั้น สะสมและหน่วงความร้อนเป็นเวลานานและระบายความร้อนสู่สภาพแวดล้อมในช่วงเวลากลางคืนอีกด้วย

อากาศในช่วงเวลากลางวันมีอุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส เมื่อได้รับความร้อนและไอร้อนจากพื้นถนนหรือพื้นแข็งต่างๆ ซึ่งเหมือนกับเราขับรถไปต่างจังหวัดและเห็นเคล้ายกับมีน้ำอยู่บนถนน นั่นคือ การระเหยของไอร้อนที่ลอยอยู่เหนือผิวถนน เกิดภาพลวงตาคล้ายกับมีน้ำเคลือบอยู่บนผิวถนน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ อุณหภูมิอากาศ 35 องศาเซลเซียส สูงขึ้นเป็น 37 -39 องศาเซลเซียส เมื่อเกิดกระแสลมเคลื่อนที่จากความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศร้อนและเย็น ลมร้อนซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 39 องศาเซลเซียส จะพัดเข้าสู่อาคารและนำความร้อนเหล่านั้นเข้าสู่อาคาร จะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกร้อนขึ้นหากอาคารใช้ระบบ Passives เมื่อปรับอากาศในอาคารบ้านพักอาศัยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะมีอุณหภูมิแตกต่าง ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอก 39 องศาเซลเซียส ลบด้วย 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศจะแตกต่างถึง 14 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิส่วนต่างที่ระบบปรับอากาศจะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นเพื่อลดความร้อนในอากาศ แต่ถ้ารูปแบบสภาพแวดล้อมภายนอก (Micro climate) นั้น มีสภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดการระบายความร้อนหรือเป็นพื้นผิวที่เย็น เช่น แหล่งน้ำที่มีการระเหยของน้ำ ต้นไม้ที่ใช้หลักการการระเหยที่ผิวใบเหมือนผิวหนังมนุษย์ ทำให้สภาพแวดล้อมใช้ความร้อนจากแสงแดดในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอน้ำ จะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศ 35 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิเหลือ 32 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถเป็นอุณหภูมิตั้งต้นของการปรับอากาศจากภูมิอากาศภายนอกของอาคารได้ เมื่อวิเคราห์ะความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคารที่ตั้งไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส จะมีความแตกต่างกันเพียง 7 องศาเซลเซียส ด้วยเหตุนี้การใช้ปัจจัย Micro Climate ที่ปรับสภาพแวดล้อมให้เย็นลงนั้น จะช่วยลดพลังงานปรับอากาศได้อย่างน้อยครึ่งหนึ่งจาก 14 องศาเซลเซียส เป็น 7 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและภายในอาคาร จึงเป็นเทคนิคขั้นแรกที่สามารถออกแบบประหยัดพลังงานได้ โดยความเข้าใจในหลักการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม ผู้ออกแบบสามารถใช้ปัจจัยธรรมชาติช่วยอนุรักษ์พลังงานและเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศของพื้นที่นั้นๆได้อย่างดี

นอกจากอุณหภูมิอากาศระหว่างภายนอกและภายในอาคารที่แตกต่างน้อยลง การสร้างเงื่อนไขพื้นผิวโดยรอบที่มีผิวเย็นกว่าผิวร่างกายของมนุษย์ 32 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดการแผ่รังสีความร้อนจากผิวหนังของมนุษย์ แผ่เข้าสู่อุณหภูมิพื้นผิวที่ต่ำกว่า เช่น ผิวหญ้า ผิวน้ำ ผิวต้นไม้ ที่มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการระบายความร้อนจากผิวหนังของร่างกายจากการแผ่รังสีความร้อนคลื่นยาว (Mean Radiant Temperature: MRT) จึงเป็นปัจจัยที่ทำให้มนุษย์รู้สึกสบายมากขึ้น เป็นหนึ่งใน 6 ปัจจัย ที่ทำให้มนุษย์รู้สึกสบายในด้านความร้อน

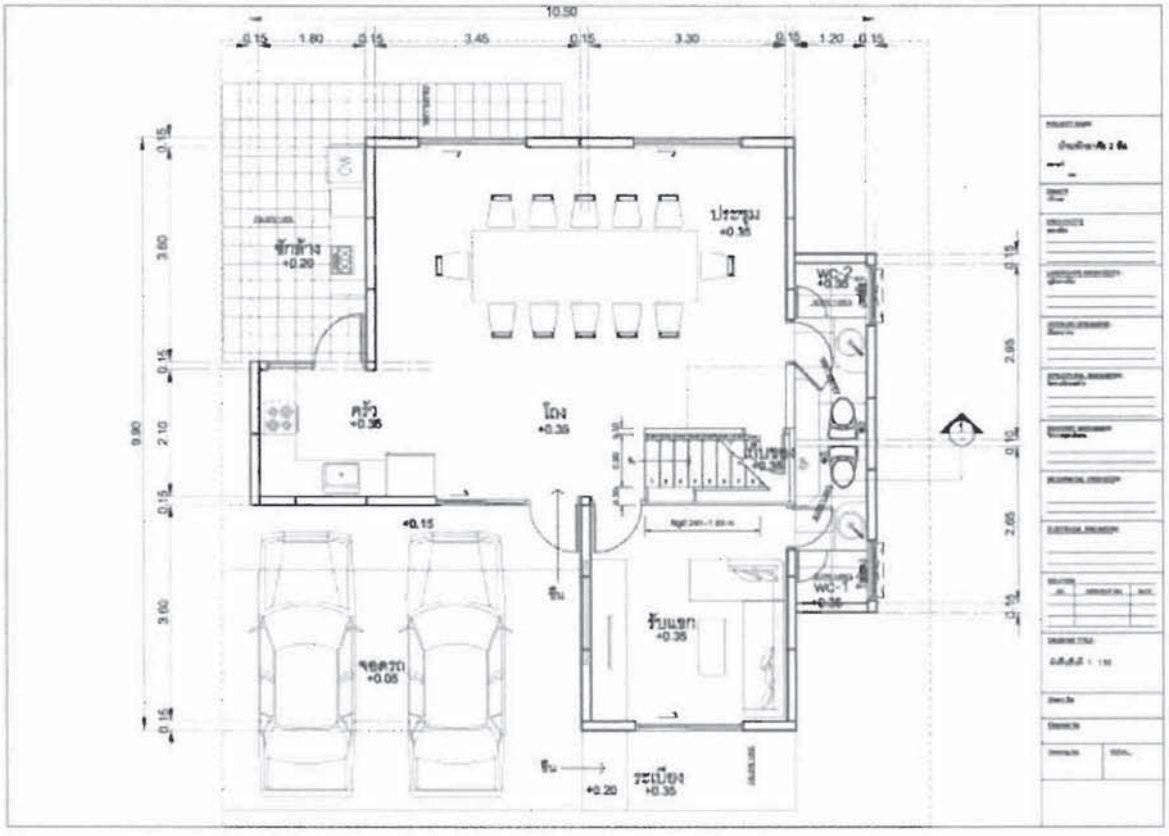
เทคนิคในการปลูกต้นไม้ นอกจากการปลูก 3 ระดับความสูงแล้ว จะต้องปลูกต้นไม้โดยคำนึงถึงร่มเงา คำนึงถึงทิศทางเคลื่อนที่ของกระแสลม คำนึงถึงมุมมองที่โล่ง ปลอดภัยจากสัตว์เลื้อยคลานและโจรผู้ร้ายต่างๆ คำนึงถึงฤดูกาลที่มีใบไม้ร่วง ดอกไม้หรือผลไม้ รวมทั้งศัตรูพืชต่างๆ ที่อาจจะเกิดจากความหลากหลายทางชีวภาพที่ไม่พึงประสงค์ เช่น หากมีหนอนมากจะทำให้เกิดแมลงต่างๆ เมื่อกบมากินหนอน งูหรือสัตว์เลื่อยคลานอื่นๆจะมากินกบ ทำให้ไม่ปลอดภัยในการดำรงชีวิต

Existing micro environment, today, is mostly a hard surface. Sun light, heat source during the day, was absorbed in concrete, pave, and all high mass constructions. Then, stored heat will release during night time. This is a reason why most buildings consume a lot of electrical energy from air conditioning system during night time.

Daytime air temperature is 35 degrees Celsius when it is heated from hard surfaces. It makes air temperature up to 39 degrees Celsius. This hot air will move to building. Then, passive design is not appropriate. Air condition is introduced and modifies room temperature at 25 degrees Celsius. The temperature different is 14 degrees Celsius (39-25 degrees Celsius). However, if the external environment is a good micro climate, ambient air temperature would reduce from 35 to 32 degrees Celsius. Then, temperature different is only 7 degrees Celsius (35-25 degrees Celsius). Only good landscape design in micro climate modification, can reduce energy consumption in half. This can create natural biodiversity of ecosystem in the area as well.

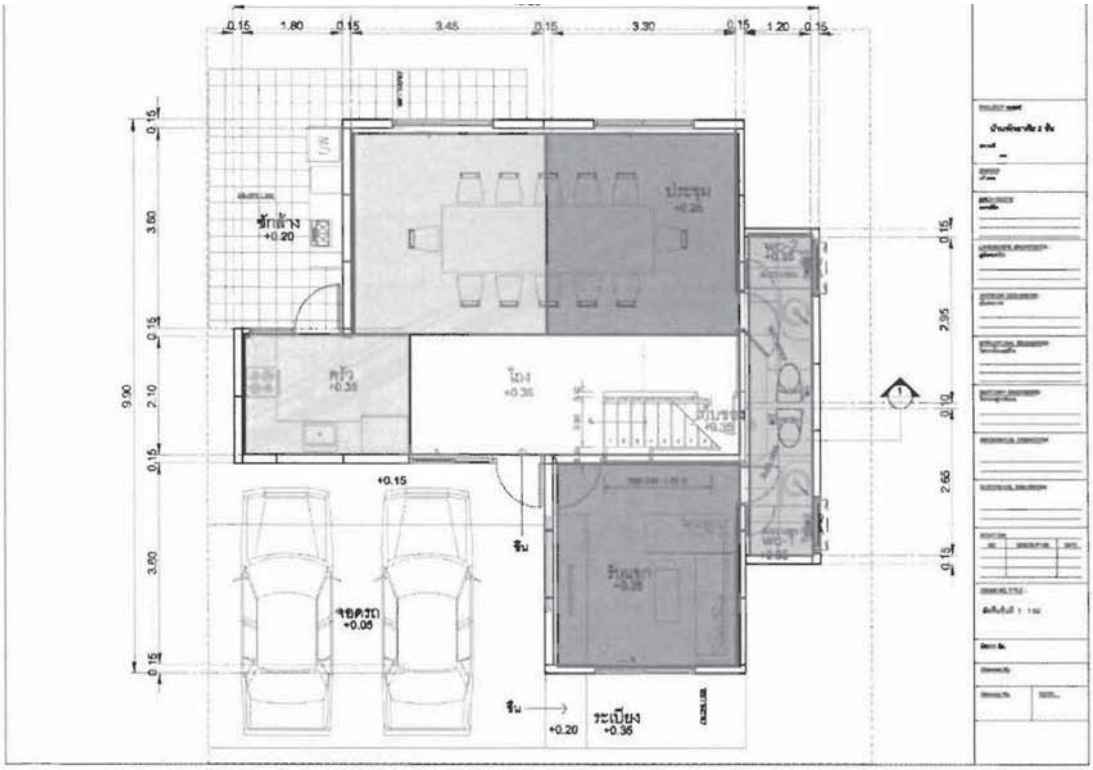
Besides reducing air temperature difference between outside and inside, to create cool environmental surface (less than 30 degree Celsius) can make human body feel cooler by mean radiant temperature (MRT) technique. Grass, water surface, shaded pavement, etc. are cool surface design elements.

Trees will be planted to ensure the shade, wind direction, reptile animal safety, crime preventive, etc. Considering tree behaviors during seasons, littering in autumn would affect shaded area. Flowers or fruits in spring season are needed to be considered for various insects or hay fever. That may be caused by a variety of unpleasant biodiversity.



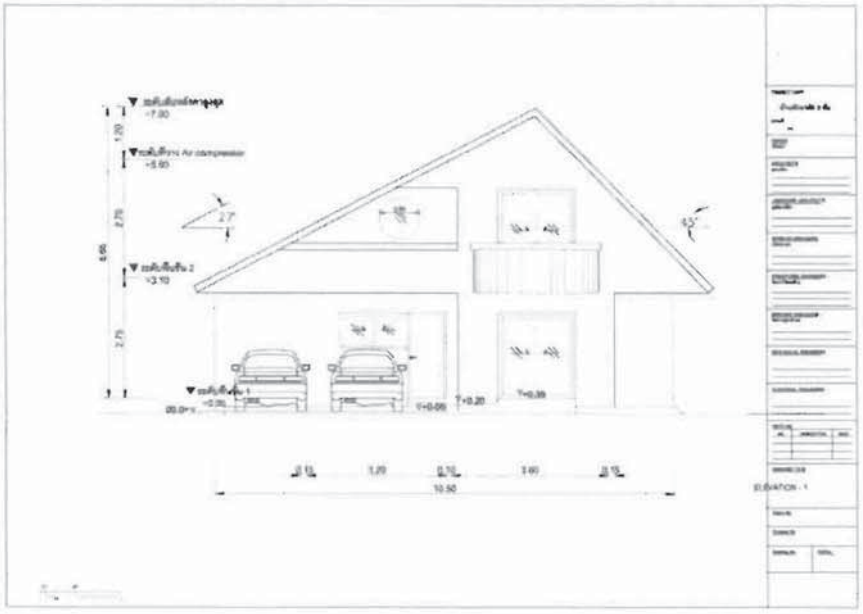
ภาพที่ 15 ผังพื้นชั้นล่างของบ้านพอเพียง ออกแบบดดยไม่มีโครงสร้างเสาในบริเวณพื้นที่ใช้สอย

Figure 15 First floor plan without any column obstructed in spaces.



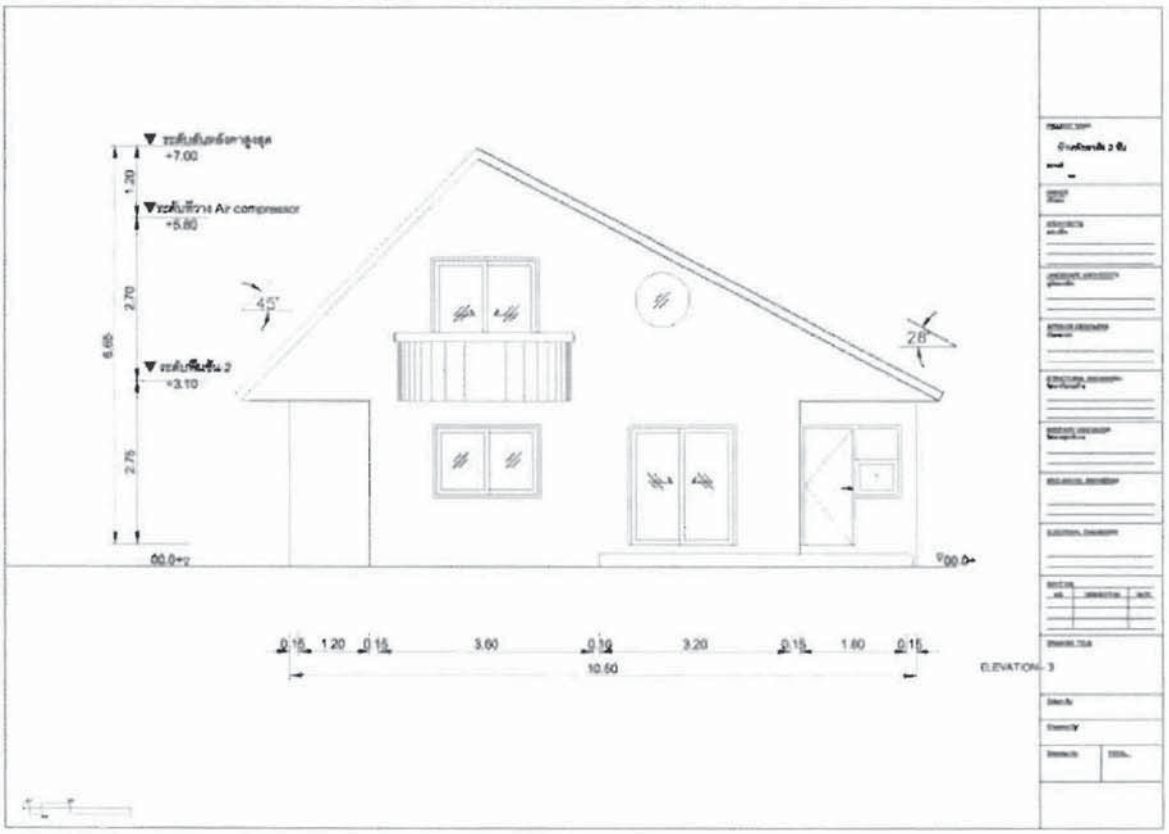
ภาพที่ 16 แนวคิดในการแบ่งพื้นที่ใช้สอยชั้นล่างบ้านพอเพียง แสดงการกั้นห้องแบบต่างๆ การใช้พื้นที่ส่วนเตรียมอาหารอยู่ภายในอาคาร การแยกพื้นที่ครัวไทยอยู่ภายนอกอาคาร

Figure 16 Rooms design with indoor pantry and outdoor Thai kitchen.



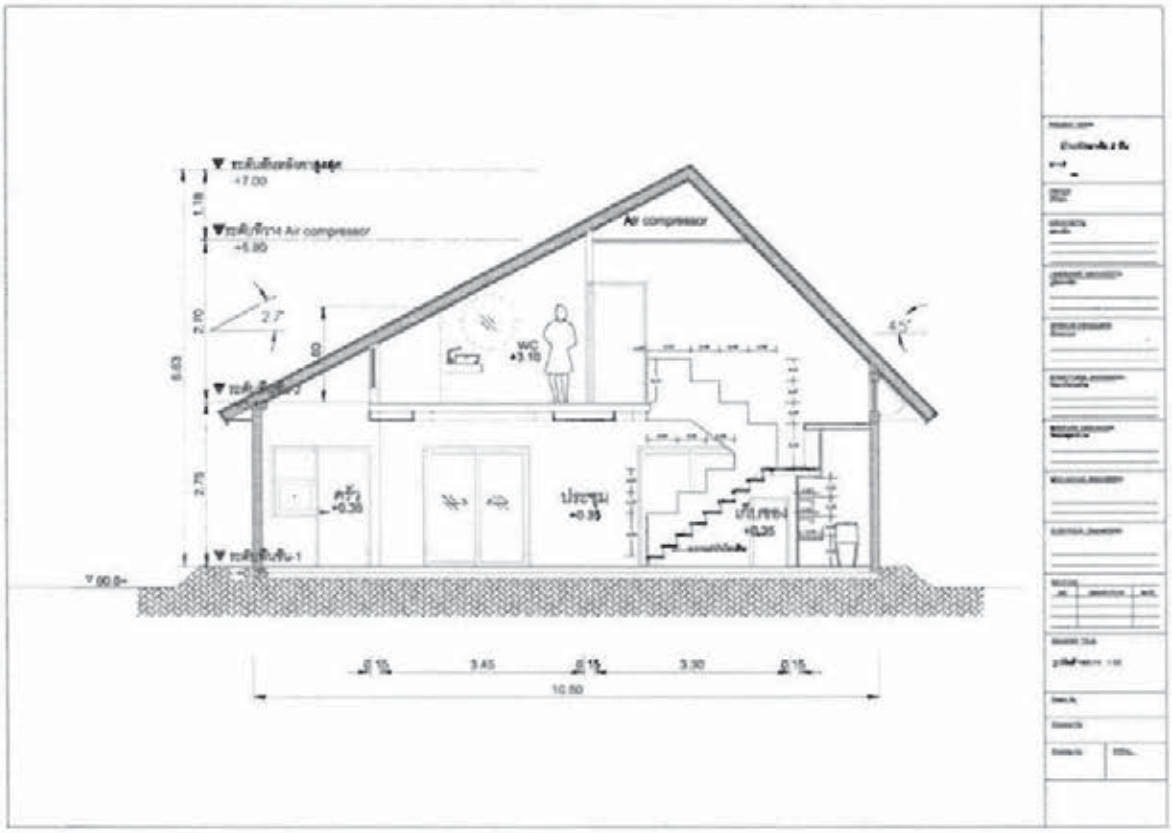
ภาพที่ 17 รูปด้านหน้าบ้านพอเพียง การออกแบบมุมหลังคาเอียง 27 องศา เพื่อติดตั้งเซลแสงอาทิตย์ด้านทิศใต้ หลังคาด้านทิศเหนือกำหนดมุมเอียง 45 องศา เพื่อลดพื้นที่หลังคาทำให้พื้นที่หลังคาด้านทิศใต้มีพื้นที่ติดตั้งเซลแสงอาทิตย์มากขึ้น และช่วยให้พื้นที่ใช้สอยของห้องชั้นสองที่อยู่ใต้หลังคามีความสูงเพียงพอต่อการใช้งาน

Figure17 Front elevation of Self-sufficient Home illustrates 27 degree roof angle on the south which allows more spaces for photovoltaic panel. 45 degree roof angle on the north provides appro priate height for second floors rooms.



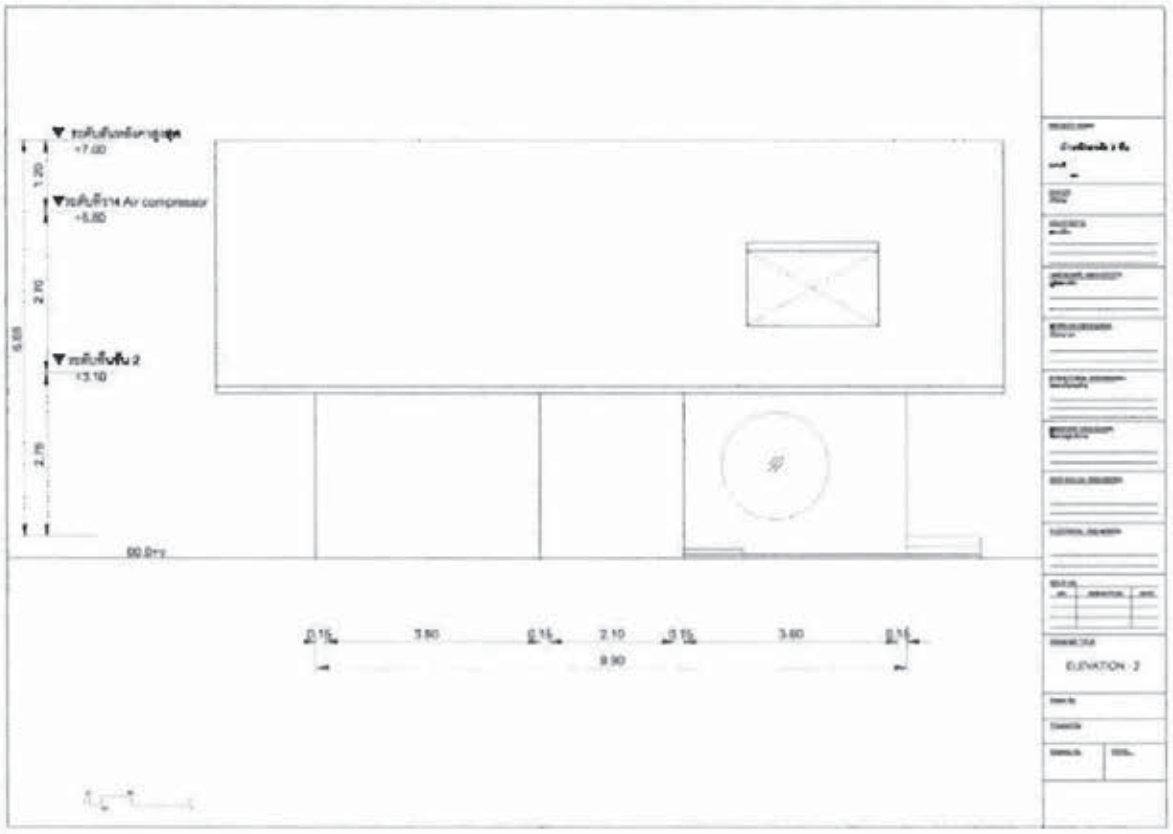
ภาพที่ 18 รูปด้านหลังของบ้านพอเพียง แสดงการเปิดช่องแสงผ่านประตูและเฉลียง การให้แสงภายในห้องน้ำใช้นสอง ผ่านช่องหน้าต่างติดตายรูปวงกลม

Figure 18 Back elevation of Self-sufficient Home illustrates daylight design from doors and balcony. Second floor restroom has daylight from fixed circle double glassing window.



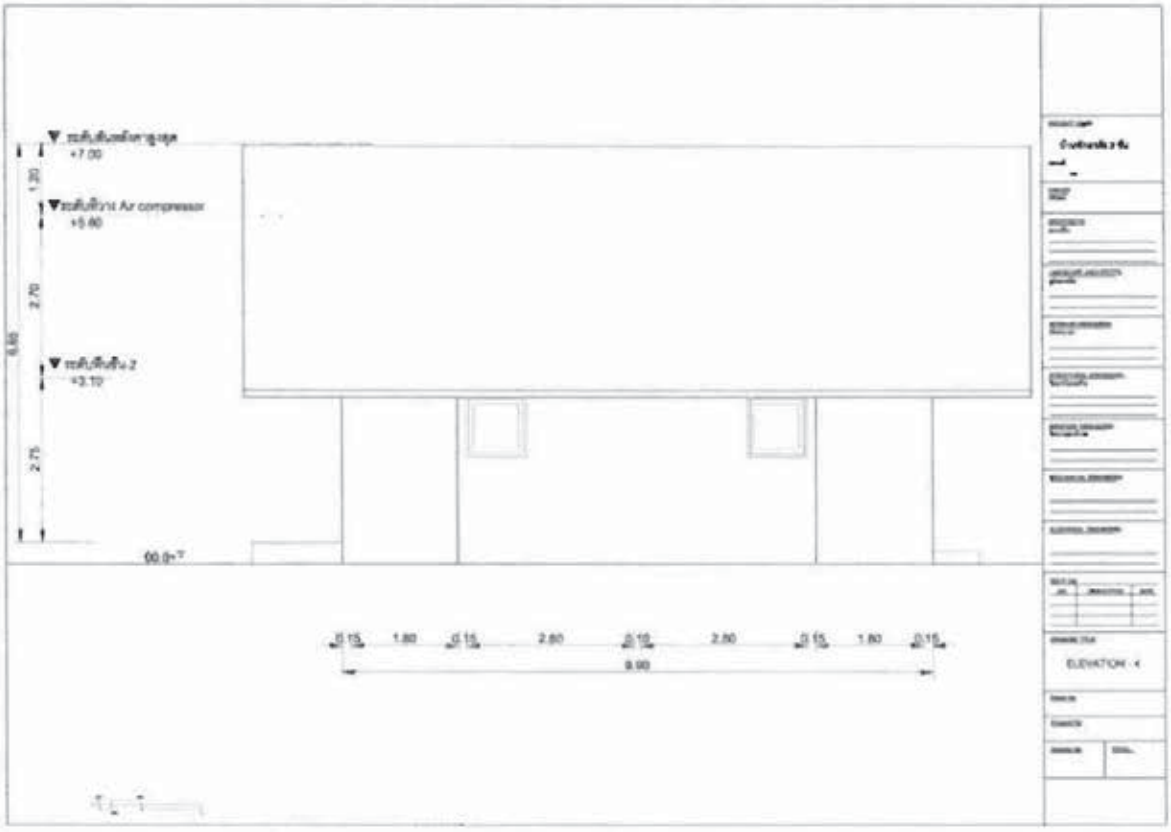
ภาพที่ 19 รูปตัดขวางของบ้านพอเพียงแสดงการกำหนดระดับพื้นและฝ้าเพดานชั้นสอง การใช้โครงสร้างของระบบพื้นฉนวนผสมผสานกับการรับแรงของโครงสร้างอาคาร ทำให้ความหนาของพื้นลดลง การออกแบบผสมผสานทำให้หลังคามีความสูงเพียงพอ สามารถใช้พื้นที่ภายในได้สะดวกและไม่มีความร้อนผ่านหลังคาเข้าสู่อาคาร

Figure 19 Cross section of Self-sufficient Home illustrates second floor and ceiling levels which has enough space for all rooms wihout any heat gain from roof.



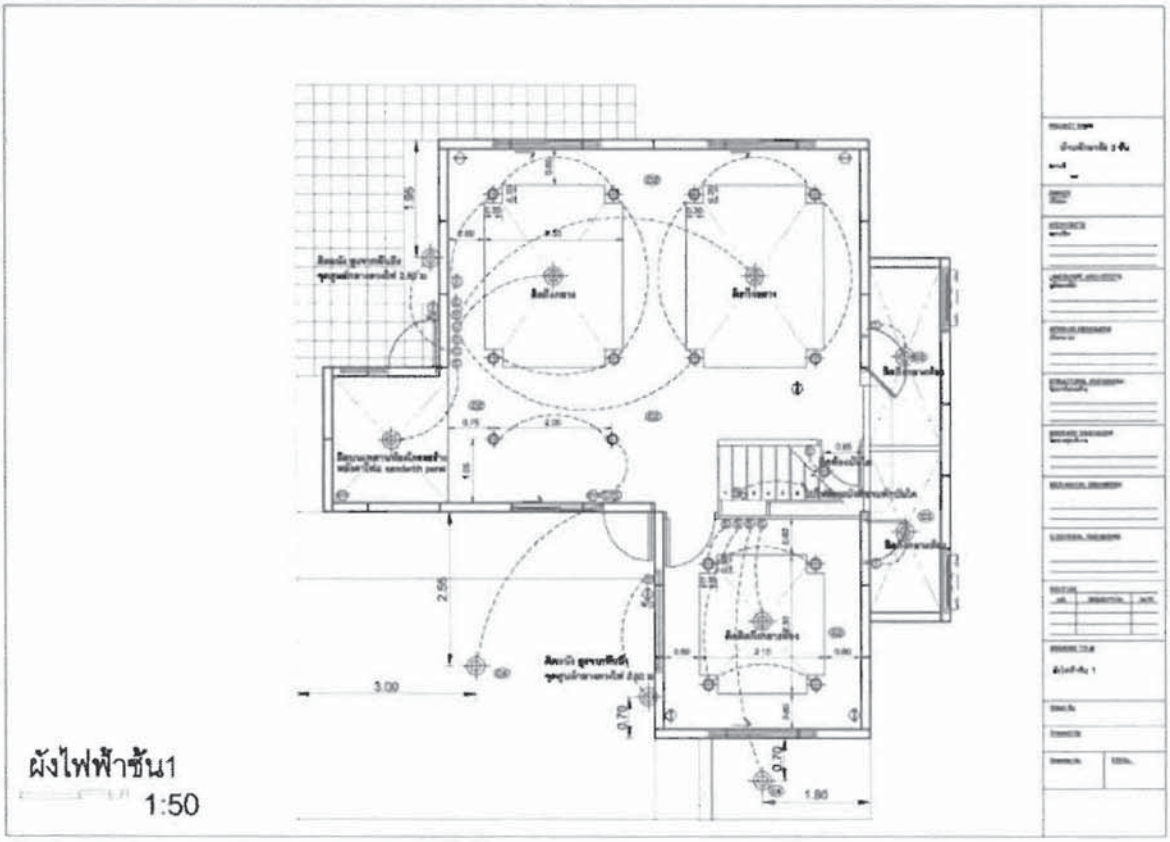
ภาพที่ 20 รูปด้านทิศใต้ของบ้านพอเพียง แสดงการใช้กระจกลามิเนตปิดช่องแสงเหนือระเบียงชั้นสอง กันฝนและรังสีอัลตราไวโอเลต ผู้อยู่อาศัยสามารถตากผ้าได้โดยไม่เปียกฝน การใช้ช่องแสงติดตายรูปวงกลมสำหรับห้องรับแขกชั้นล่างติดกับที่จอดรถ เพื่อรับแสงธรรมชาติที่สะท้อนจากพื้นและฝ้าเพดานเข้าสู่ช่องแสง

Figure 20 South elevation of Self-sufficient Home illustrates the use of lamaneted glass skylight on balcony. It is suitable for Cloth hanging. Fixed circular window on first floor shows indirect daylight technique from floor and ceiling in parking garage.



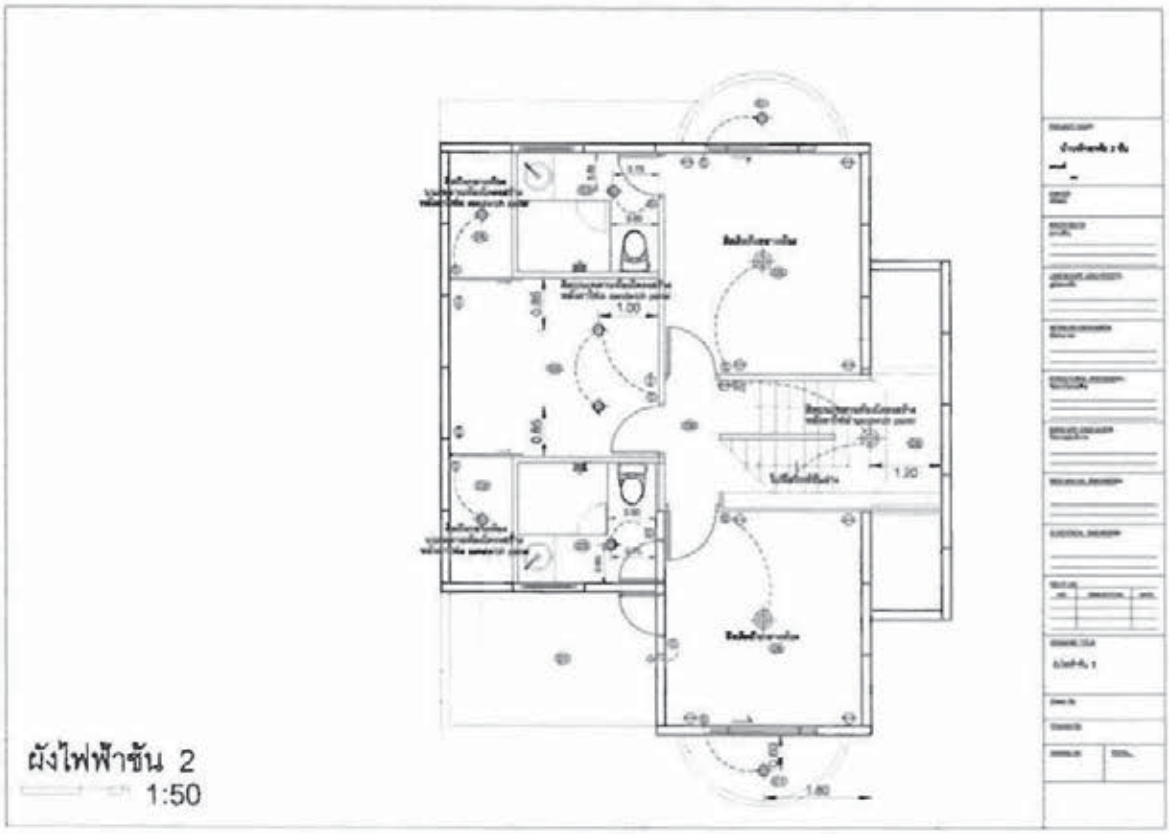
ภาพที่ 21 รูปด้านทิศเหนือของบบ้านพอเพียงแสดงการยื่นของหลังคาคลุมพื้นที่จอดรถด้านหน้าบ้าน และการกันฝนด้านหลังบ้าน การออกแบบช่องแสงของห้องน้ำชั้นล่าง และช่องแสงของชานพักบันได โดยใช้แสงธรรมชาติทางทิศเหนือที่ไม่มีแสงตรงผ่านกระจกหน้าต่างตลอดปี

Figure 21 North elevation of Self-sufficient Home illustrates cantilever roof panel preventing [arking garage from rain. Windows of first floor restrooms and stairs allows daylight from north side without direction sun all year long.



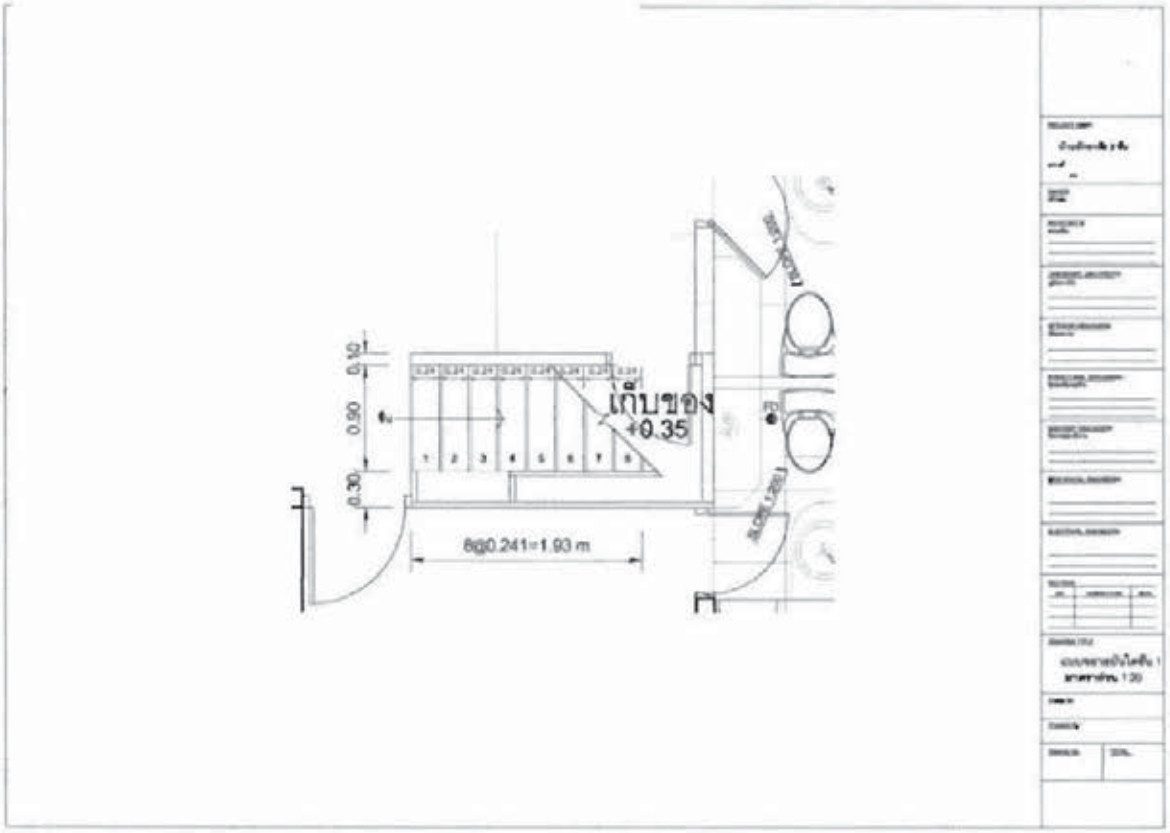
ภาพที่ 22 ผังฝ้าเพดานและการตกแต่งภายในของชั้นล่างบ้านพอเพียงแสดงการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติ

Figure 22 First floor ceiling plan of Self-sufficient Home illustrates the integration of light bulb and daylight.



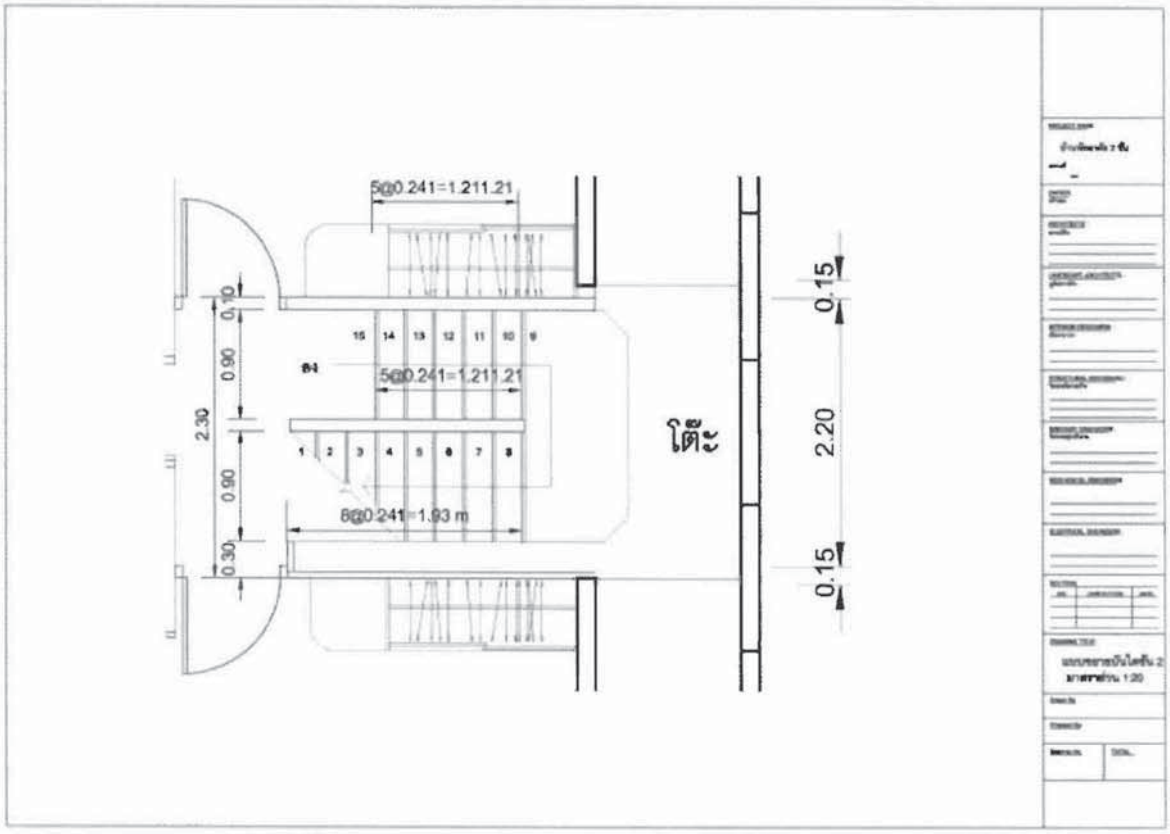
ภาพที่ 23 ผังฝ้าเพดานและการตกแต่งภายในของชั้นสองบ้านพอเพียงแสดงการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติ

Figure 23 Second floor ceiling plan of Self-sufficient Home illustrates the integration of light bulb and daylight.



ภาพที่ 24 แบบรายละเอียดการใช้พื้นที่ใต้บันไดเป็นห้องเก็บของหรือห้องเครื่อง

Figure 24 Architectural details of storage or mechanical room under stairs landing.



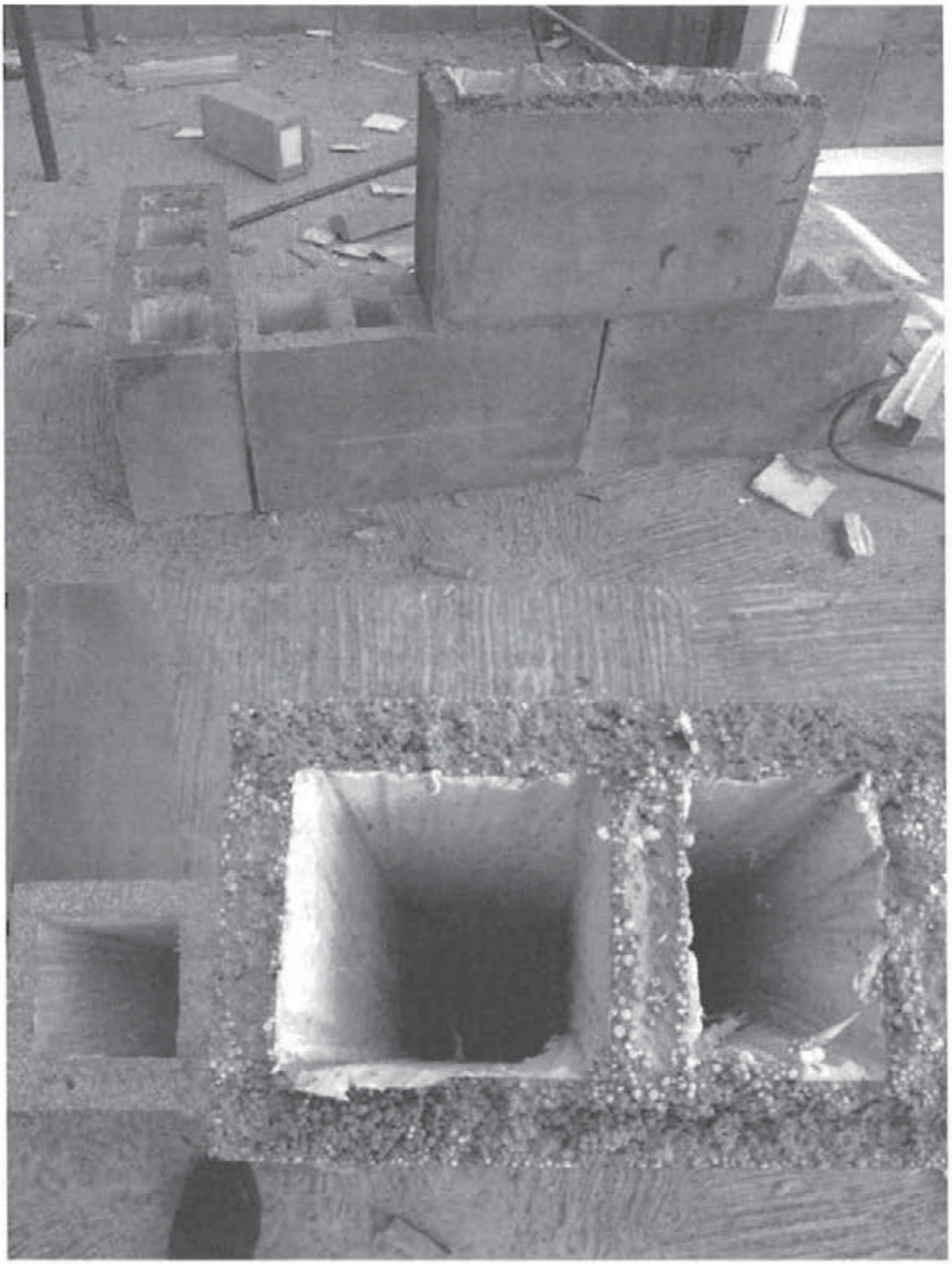
ภาพที่ 25 แบบรายละเอียดการใช้พื้นที่ใต้บันไดเป็นโต๊ะทำงาน เพื่อเพิ่มความสูงให้กับฝ้าเพดานห้องน้ำและใต้ชานพัก บันไดเป็นห้องน้ำชั้นล่าง

Figure 25 Architectural details of table on stairs landing to rise up restroom ceiling on first floor.

บทที่ 5
Chapter 5
วัสดุก่อสร้างของบ้านพอเพียง
Construction Materials of Self-Sufficient Home

การผสมผสานวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างทั้งวัสดุตกแต่งทางสถาปัตยกรรม วัสดุที่ใช้เป็นโครงสร้าง และวัสดุที่ใช้เป็นงานระบบปรับอากาศหรืองานระบบท่อในอาคาร โดยใช้แนวคิดต้นทุนทางธรรมชาติซึ่งเป็นแนวคิดที่สามารถสร้างอาคารให้อยู่ได้ด้วยตนเอง ผู้ออกแบบเริ่มจากการนำคุณสมบัติของวัสดุที่สามารถใช้เป็นวัสดุผิวของสถาปัตยกรรมร่วมกับโครงการสร้างและงานระบบอาคารได้พร้อมกัน อาคารบ้านพอเพียงใช้วัสดุโฟมซีเมนต์ทำเป็นก้อน (โฟมซีเมนต์บล็อก) ซึ่งเป็นการใช้โฟมสีขาวเป็นเม็ดโฟม Expanded Polystyrene (EPS) มาผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำ โดยมีการเคลือบสารเพื่อให้ผิวโฟมเกาะกับน้ำและซีเมนต์ได้อย่างดี เมื่อแห้งแล้วจะมีส่วนผสมของเนื้อโฟมกระจายอย่างสม่ำเสมอในเนื้อของโฟมซีเมนต์ โฟมซีเมนต์มีคุณสมบัติป้องกันการความร้อน การสร้างรูพรุนต่างๆในเนื้อวัสดุเป็นฉนวนทำให้มีน้ำหนักเบาสามารถลอยน้ำได้ ไอน้ำในอากาศไม่สามารถซึมผ่านเนื้อวัสดุ โฟมซีเมนต์บล็อคมีขนาดหนา 20 เซนติเมตร กว้าง 30 เซนติเมตร และยาว 40-60 เซนติเมตร มีรูตรงกลางเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร จึงมีความหนาของขอบโฟมซีเมนต์ด้านละ 5 เซนติเมตร เป็นการออกแบบเพื่อลดปริมาณวัสดุก่อสร้างและใช้เป็นช่องท่อของงานเดินสายไฟฟ้า สายระบบสื่อสาร และยังใช้เป็นช่องท่อแอร์โดยไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุเพิ่มอีก เนื่องจากวัสดุมีคุณสมบัติเป็นฉนวนจึงป้องกันไม่ให้เกิดหยดน้ำในช่องท่อนี้ ช่องของโฟมซีเมนต์บล็อคใช้แทนไม้แบบโดยเสริมโครงสร้างอาคารโดยใช้เหล็กรูปพรรณในแนวตั้ง หรือใช้เหล็กเส้นผูกเหล็กเป็นเสาเอ็นและกรอกคอนกรีต เพื่อทำให้เสาโครงสร้างคอนกรีตอยู่เต็มช่อง ช่วยประหยัดไม้แบบในการก่อสร้างอีกด้วย พื้นผิวโฟมซีเมนต์บล็อคสามารถใช้ปูนฉาบได้โดยทั่วไปตกแต่งและเก็บความเรียบร้อย ซึ่งอาจผสมสีฝุ่นในปูนฉาบทำให้เกิดลวดลายของผิวผนังตามความต้องการของผู้ออกแบบ การเจาะรูและยึดสิ่งต่างๆสามารถใช้พุกปีกผีเสื้อและน็อตสกรู สามารถยึดโยงสิ่งที่มีน้ำหนักได้ ซึ่งเป็นรายละเอียดธรรมดาทั่วไปของผนังเบาที่มีโครงเคร่าหรือผนังยิปซั่ม

นอกจากใช้วัสดุฉนวนแล้ว การออกแบบรูปทรงอาคารให้มีพื้นที่ผิวอาคารน้อยที่สุดเป็นตัวแปรสำคัญ เนื่องจากค่าก่อสร้างจะคิดราคาตามปริมาณพื้นที่และปริมาณเนื้อวัสดุ จึงต้องควบคุมงบประมาณการก่อสร้างที่แปรตามจำนวนตารางเมตรของพื้นที่ผิวและพื้นที่ใช้งาน หากพื้นที่ผิวอาคารมีปริมาณและจำนวนน้อย จะทำให้ราคาค่าก่อสร้างลดลงด้วย การออกแบบอาคารบ้านพอเพียงจะมีลักษณะพื้นผิวน้อยที่สุดใกล้เคียงกับพื้นผิวของวงกลม ทั้งในผัง รูปด้าน และรูปตัด ความสูงและความกว้าง ของรูปทรงอาคาร



ภาพที่ 26 วัสดุผนังโฟมซีเมนต์บล็อกขนาด 0.40*0.60 เมตร หนา 0.20 เมตร ใช้เป็นฉนวนเปลือกอาคารบ้านพอเพียง ช่องว่างภายในผนังโฟมซีเมนต์บล็อกสามารถใช้เป็นช่องท่องานระบบอาคาร หรือช่องสำหรับโครงสร้างอาคาร ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนและป้องกันความชื้นเข้าสู่อาคาร

Figure 26 Using foam cement block (0.40*0.60 meter with 0.20 meter thick) for building envelop. Hollow space in foam cement block is used for building system or structure such as wiring, conduit, or reinforced steel member. Foam cement block also protects outside heat and moisture.

บ้านพอเพียงไม่จำเป็นจะต้องใช้เสาในการก่อสร้างหรือหากจะมีบ้างตามลักษณะการรับแรงของการออกแบบโครงสร้างก็สามารถซ่อนอยู่ความหนาของผนังที่มีความหนา 20 เซนติเมตรได้ ลักษณะของอาคารเป็นรูปทรงสามเหลี่ยมมาประกอบกัน ซึ่งรูปทรงสามเหลี่ยมนั้นเป็นรูปทรงที่แข็งแรงที่สุดในธรรมชาติ ทำให้อาคารสามารถอยู่ได้ด้วยตัวเองโดยการออกแบบจากพื้นฐานของรูปทรง ส่วนการเลือกใช้วัสดุในการออกแบบจะคำนึงถึงวิธีการและขั้นตอนการก่อสร้างควบคู่กันไปด้วย แนวความคิดการออกแบบไม่ต้องการให้มีเสาขวางพื้นที่จอดรถ เพื่อลดความเสี่ยงเพิ่มความปลอดภัยจากความเสียหายของโครงสร้าง ในกรณีรถยนต์เฉี่ยวชนเกิดความเสียหาย การออกแบบลักษณะของพื้นยื่นที่ไม่ต้องการให้มีเสาขวางนั้น ใช้แนวคิดระบบพื้นและวัสดุเป็นชิ้นประกอบเป็นระบบเดียวกัน การใช้สัดส่วนของพื้น 2 ใน 3 ซึ่งรับ Dead load และ Live load ของอาคาร และระบบพื้นเพียง 1 ใน 3 จะเป็นส่วนที่ยื่นออกไปรับน้ำหนักได้โดยไม่ต้องมีเสา แนวความคิดนี้ทำให้การยื่นของพื้นสามารถรับน้ำหนักอาคารและน้ำหนักใช้งานได้โดยไม่มีเสา นอกจากนี้ยังใช้โครงสร้างพื้นชั้น 2 ที่ยื่นออกไป เพื่อยึดโยงกับโครงหลังคาที่มีรูปทรงสามเหลี่ยม ทำให้เกิดการประสานการรับแรง ซึ่งเป็นลักษณะโครงสร้างพื้น ผนังและหลังคาที่สามารถยึดโยงถ่ายแรงกันได้ในลักษณะ 3 มิติ ทั้งแรงอัด แรงดึงและแรงเฉือน เกิดความสมดุลในการรับน้ำหนัก นอกจากแนวคิดดังกล่าวแล้วอาคารหลังนี้ไม่ใช้ระบบ Skeleton คานและเสา ทำให้การใช้ประโยชน์พื้นที่ใช้สอยชั้นล่างและชั้นบนมีความคล่องตัวและสามารถปรับเปลี่ยนใช้งานได้ตามต้องการในอนาคต การปรับเปลี่ยนแนวผนังห้องสามารถทำได้ง่ายโดยใช้วัสดุผนังที่มีน้ำหนักเบา ดังนั้นการเพิ่มหรือลดขนาดของห้อง หรือการปรับใช้พื้นที่เป็นโถงกว้าง เป็นห้องประชุม ห้องทำงาน หรือเป็นห้องรับแขก สามารถทำได้โดยไม่มีโครงสร้างอาคารเป็นอุปสรรค

เทคนิคการออกแบบโดยใช้ระบบพื้นรับแรงแทนคาน การออกแบบพื้นให้มีความหนา 10 เซนติเมตร ถึง 15 เซนติเมตร ในช่วงความกว้างประมาณ 6.00 เมตร ถึง 8.00 เมตร ส่วนตรงกลางแผ่นพื้นใช้วัสดุฉนวนเพื่อยึดพื้นผิวด้านบนที่รับแรงอัดพร้อมกับผิวด้านล่างรับแรงถึงและแรงเฉือน ทำให้โครงสร้างแผ่นพื้นอยู่ได้ด้วยตนเองตามลักษณะแรงที่เกิดขึ้นในเนื้อวัสดุ การใช้พื้นผิวด้านบนของแผ่นพื้นทั้งระบบรับแรงอัด ร่วมกับวัสดุผิวพื้นของสถาปัตยกรรม เช่น ปูนทรายและกระเบื้อง เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกหรือน้ำหนักของตัวโครงสร้างกดลงบนพื้น จะทำให้แผ่นโลหะใต้พื้นรับแรงดึงของระนาบพื้นทั้งระบบ

By using the concept of natural capitalism, building material design concept can be closed to single material. Foam cement block was introduced. It made of Expanded Polystyrene Foam (EPS) mixed with cement and water. Coated EPS foam pallet can mix well with water and spread constantly. Foam cement blocks with a thickness of 20 centimeter wide and 40-60 centimeter long. It has 10 centimeter hole with 5 centimeter covering enough to prevent any condensation. The hole is designed to use as system ducts as water pipe, electric wire, air condition duct without any condensate insulation required. It can use as reinforced column such as steel or reinforce concrete. This can save casting form. This block can be onsite recycle. Water vapor in the air cannot penetrate through the block. To hang any furniture or interior decoration, simple screw or bolt similar to gypsum board panel can be applied.

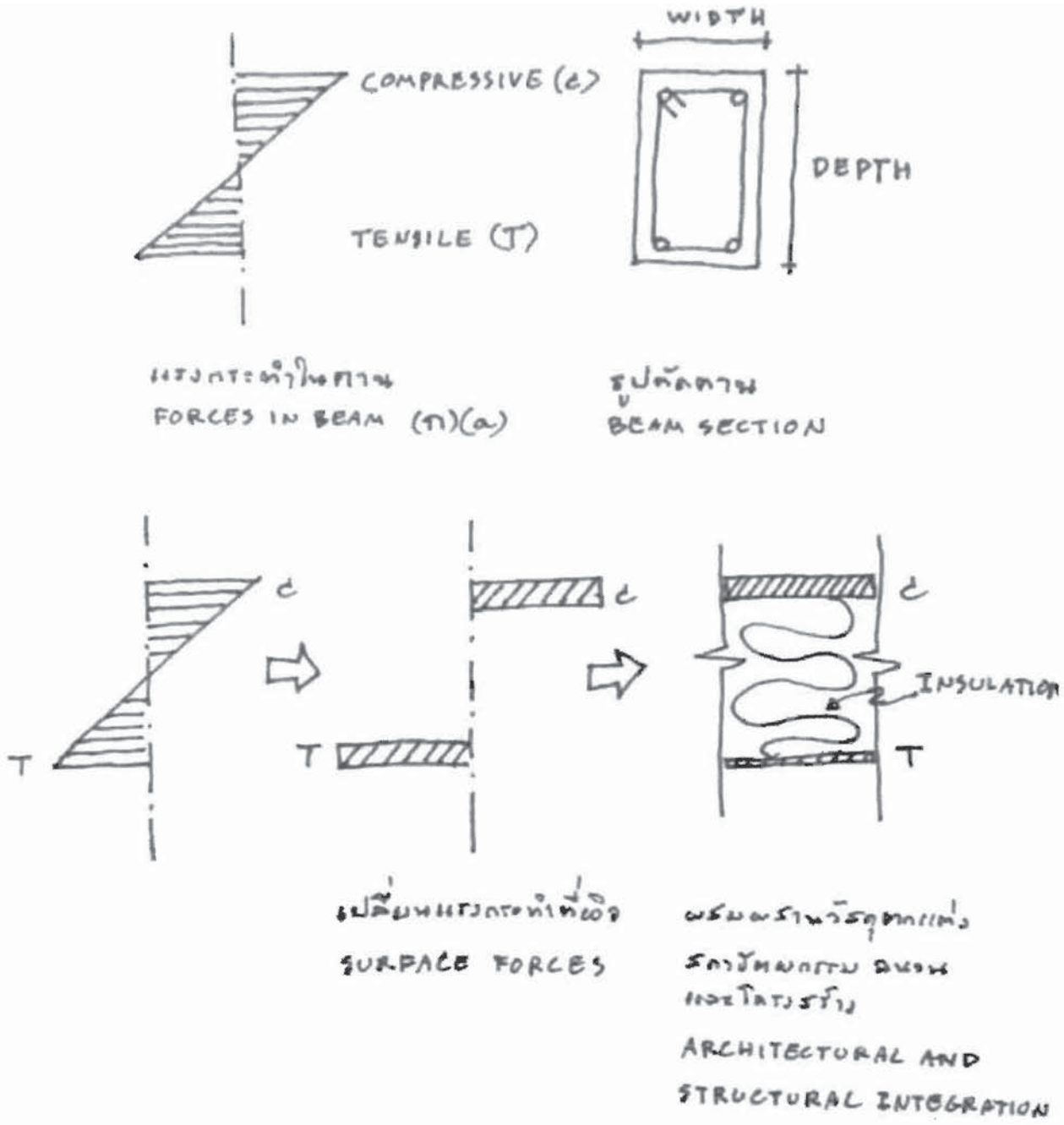
The construction cost will be charged according to the amount and volume of material. We need to control the construction budget that depends on the number of square meters of construction areas. Building design was intended to minimize surface area of the building or building envelop. The use of insulation materials will cost more than conventional one. This is a reason to integrate insulation material, architectural finishing, structural material, and prefabricated material in

design process through construction and installation. Sufficient home has very less building envelop similar to surface area of sphere or circle. The building envelop design indicator is the ratio of building envelop divided by usable area. The minimum is the better. This building shape design criteria is applied to plan, section, and elevation.

Sufficient home is an integrative structural design also. It has no need to have column or beam. If skeleton structure is required, it would be hide in wall which is 20 centimeter thick. Building shape is closed to triangle which is the strongest shape in nature. Architect intended to provide no column in parking garage. Therefore, the second floor was acted as cantilever and continuous floor beam with two third is loaded by building dead load. The one third of second floor has ability to carry dead load and live load. Then, roof panel also pull cantilever floor as triangle shape. Walls and roof can be anchored in a three-dimensional force of both tensile and compressive. Building structure is similar as wall frame system which allow user having a freedom to make any changes. With light weight wall system, all living room, bed room, meeting room, etc. are possible.

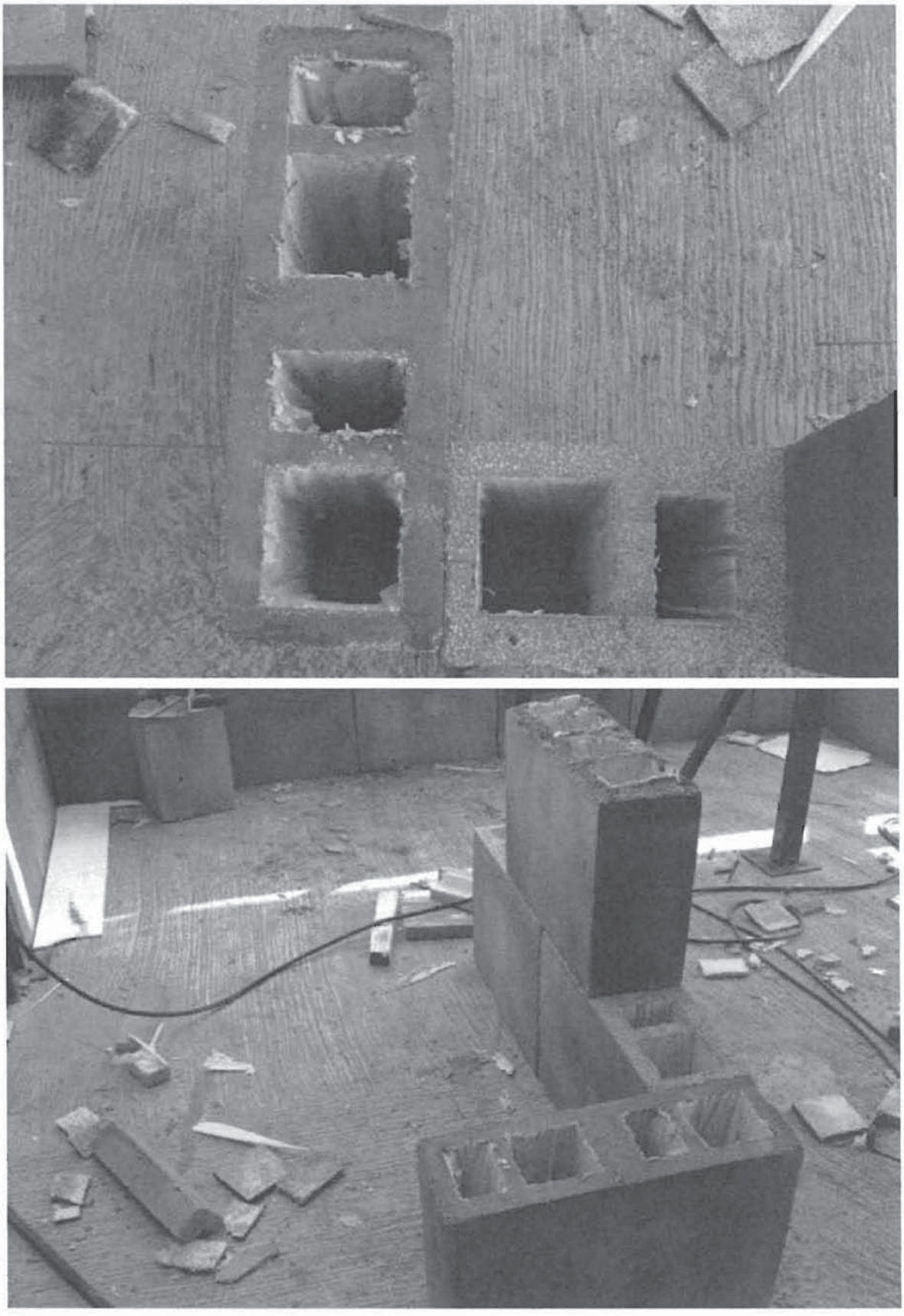
Using floor as beam behavior is a unique design Technique in sufficient Home. Floor thickness is 15 centimeter with 1.20 meter wide and 8.00 meter long. Insulated non-flame EPS foam is in the middle with thin sheet metal underneath and floor finishing as ceramic tile on the top surface. Sheet metal is designed to receive tensile force while cement and ceramic tile receive compressive force. Both tensile and compressive forces are combined with constant depth of insulation in the middle. The integrated floor can be structure, insulation, cost reduction, and construction time saving.

The roof structural system uses the same material as floor. Compressive and tensile forces are also the same. It can be controlled quality from factory. Insulated roof panel has 1.20 meter width, 10-13 meter long, and 15-20 centimeter thick depending on structural design. Thermal heat resistance of 15 centimeter thick is R-value 29.94 hr.sq.ft.F / Btu (4.39 sq.m. C/W), and 20 centimeter thick is R-value 33.25 hr.sq.ft.F / Btu (5.85 sq.m. C/W). Roof installation method uses clip lock, screw, and ridge. Once it is completely constructed, it will act as the same plane. It combines all loads and lateral forces together with walls and floors. The roof construction took only two days. First, roof panels were installed on walls. Shingle, ridges, mountings, and gutters, were installed on the second day. During night time, condensate water is collected and kept to water tank. In this house, final cement panel was installed instead of shingle for decoration. The roof angle of 30 degree is the most appropriate for photovoltaic panel and system.



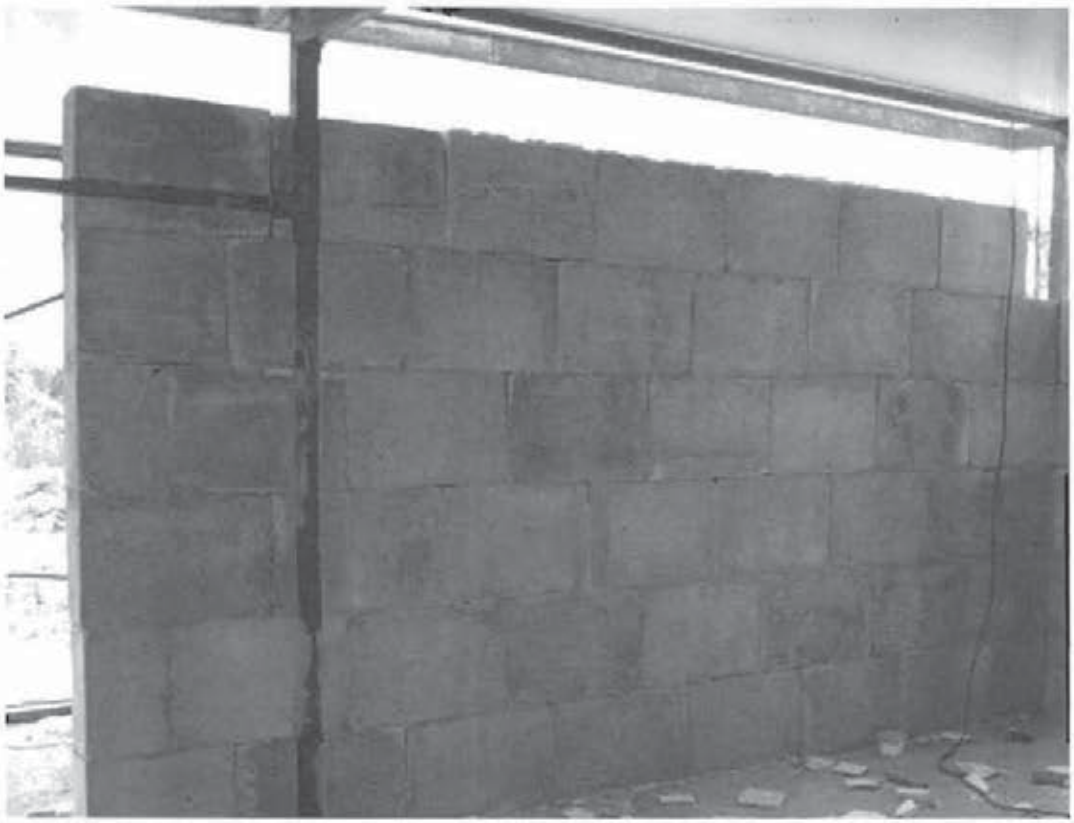
ภาพที่ 27 แนวความคิดการออกแบบผสมผสานการรับแรงของวัสดุตกแต่งทางสถาปัตยกรรมร่วมกับพฤติกรรมของโครงสร้างอาคาร (ก) รูปตัดคานและลักษณะของแรงอัดและแรงดึงที่เกิดขึ้นในโครงสร้างทั่วไป (ข) การใช้วัสดุพื้นผิวตกแต่งสถาปัตยกรรมช่วยในการรับแรงของพื้นโครงสร้าง โดยใช้วัสดุตกแต่งรับแรงอัดด้านบน (Compressive stress) และใช้วัสดุที่รับแรงดึงด้านล่าง (Tensile stress) พร้อมกับใช้วัสดุฉนวนที่มีคุณสมบัติการยึดเกาะผิววัสดุด้านบนและด้านล่างได้ดี เพื่อให้โครงสร้างไม่เปลี่ยนรูป คงอยู่ได้ตามพฤติกรรมการรับแรง

Figure 27 Integrated concept design of architectural finishing and structural behavior (a) beam cross section with its compressive and tensile force diagram (b) an application of architectural finishings on top of structural member as compressive stress combined with tensile stress material on bottom of member, along with insulation material in the middle which has high strength bonding both top level compressive finishing and bottom level tensile surface.



ภาพที่ 28 วิธีการก่อสร้างผนังโฟมซีเมนต์บล็อก โดยก่อลักษณะสลับฟันปลา เพื่อให้เกิดความแข็งแรงโดยให้ช่องท่อตรงกันตลอดแนวดิ่ง วัสดุโฟมซีเมนต์สามารถตัดได้ง่าย สามารถนำกลับมาใช้ใหม่โดยบดและผสมกับซีเมนต์

Figure 28 Foam cement block construction process. It can be onsite recycled.



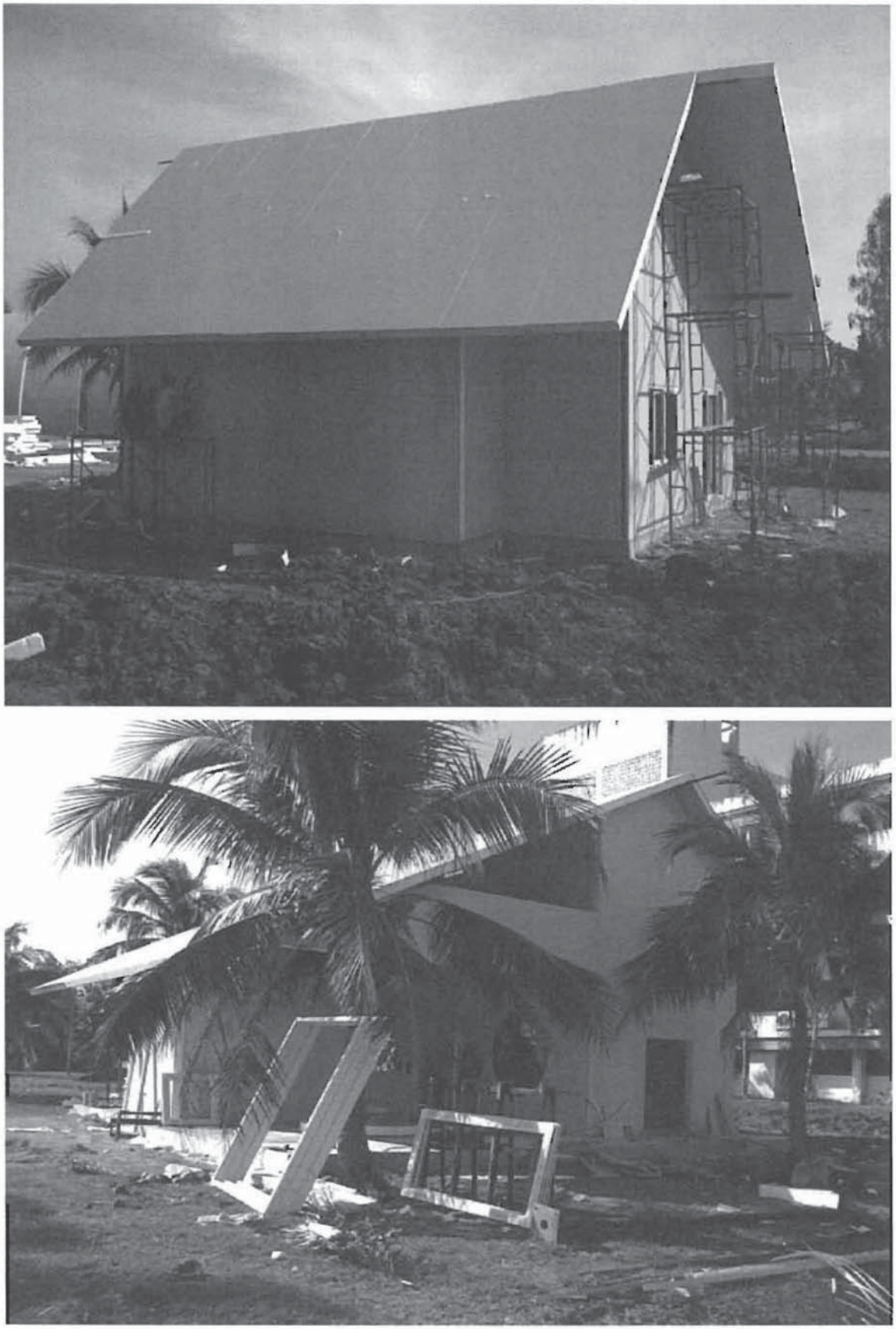
ภาพที่ 29 การเสริมแรงของโครงสร้างบ้านพอเพียงในช่องโฟมซีเมนต์บล็อก

Figure 29 Reinforced steel in foam cement block wall.

ภาพที่ 30 การก่อสร้างผนังกันตกพร้อมการเสริมการรับแรง เพื่อรับน้ำหนักพื้นระเบียงชั้นสอง

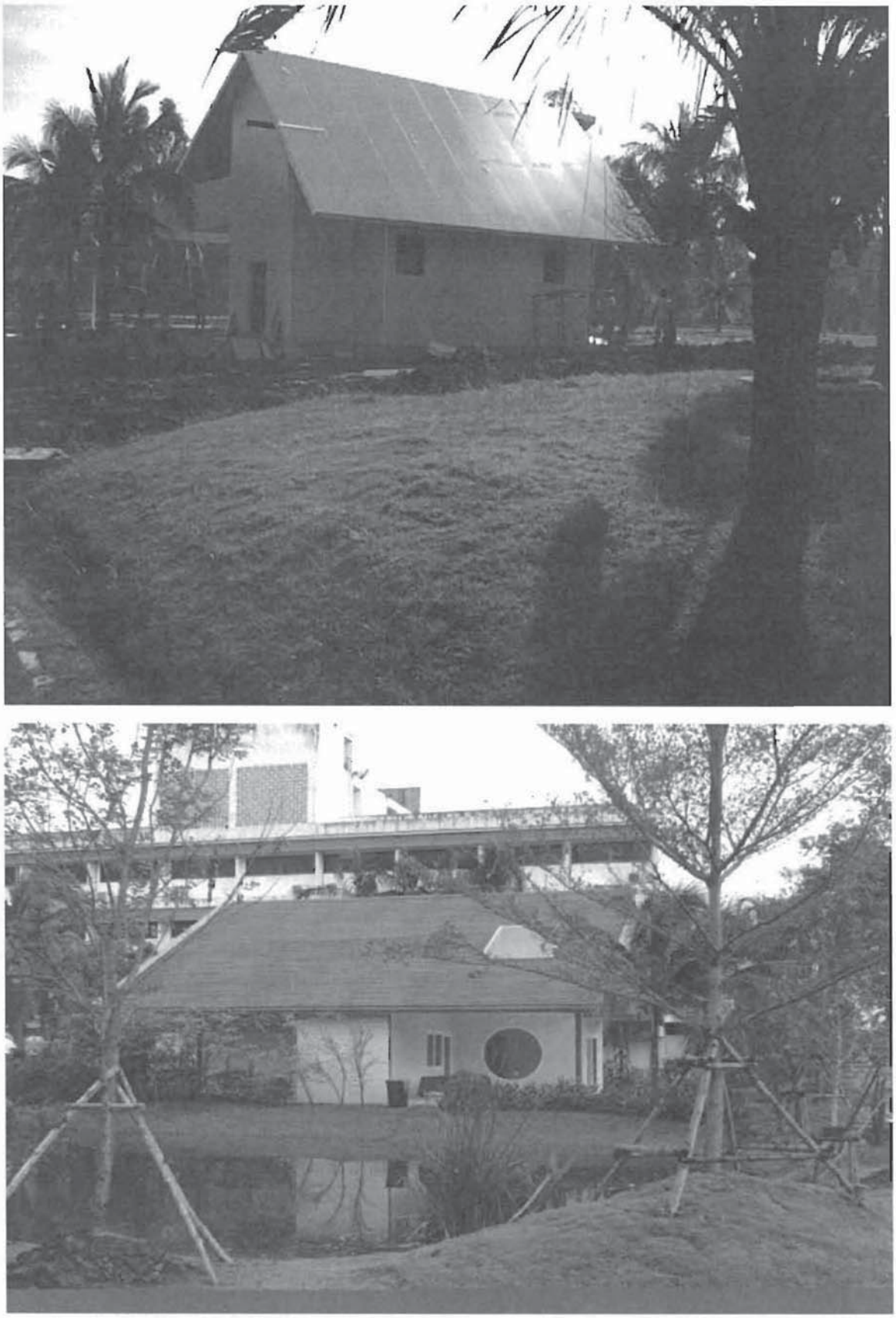
Figure 30 Reinforced steel truss to carry balcony loads.

โครงสร้างหลังคาใช้วัสดุเดียวกับระบบพื้นผิวสำเร็จรูปที่ในหลักการเดียวกันกับพฤติกรรมการรับแรงของคาน ซึ่งวัสดุด้านบนจะรับแรงอัดและด้านวัสดุล่างจะรับแรงดึง ดังนั้นการออกแบบหลังคาของอาคารบ้านพอเพียงจึงเลือกใช้แผ่นสำเร็จรูประบบเดียวกับแผ่นพื้นที่สามารถควบคุมคุณภาพการผลิตจากจากโรงงาน รวมถึงการตรวจสอบคุณภาพในการก่อสร้างและติดตั้งได้ง่าย แผ่นหลังคา มีขนาดกว้าง 1.20 เมตร ยาว 10 -13 เมตร ความหนา 15-20 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับลักษณะการรับน้ำหนัก มีค่าสัมประสิทธิ์การกันความร้อนรวม (15 เซ็นติเมตร) R = 24.94 hr.sq.ft.F/Btu (4.39 sq.m.C/W) หรือค่าสัมประสิทธิ์การกันความร้อนรวม (20 เซ็นติเมตร) R = 33.25 hr.sq.ft.F/Btu (5.85 sq.m.C/W) จะป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคารได้ดี วิธีการติดตั้งแผ่นหลังคาจะวางเรียงต่อกันเหมือนวางพื้นแต่มีลักษณะเอียง การยึดแผ่นด้วยน็อต ตะปูเกลียวบริเวณขอบด้านบนและขอบด้านล่างของแผ่น เพื่อให้เกิดการถ่ายแรงสู่โครงสร้างอาคารและรับแรงอย่างเต็มที่ การก่อสร้างหลังคาจะใช้เวลาเพียงสองวัน วันแรกนำแผ่นหลังคาขึ้นติดตั้ง เพื่อยึดหลังคากับผนัง วันที่สองเก็บรายละเอียดของผิวหลังคา เช่น ครอบสัน ครอบข้าง รางน้ำ เป็นต้น เพื่อป้องกันไม่ให้ฉนวนภายในสัมผัสกับสภาพแวดล้อมภายนอกโดยตรง และใช้ยึดรางน้ำ เพื่อเก็บน้ำจากหลังคาในช่วงเวลากลางคืนและช่วงฤดูฝนกลับมาใช้ในระบบสุขาภิบาลของอาคารอีกด้วย อาคารบ้านพอเพียงใช้แผ่นไม้สำเร็จรูปไฟเบอร์ซีเมนต์ (Fiber Cement) ติดวัสดุตกแต่งบนผิวหลังคาด้านนอกลักษณะตีนอนซ้อนเกล็ด เพื่อให้รูปลักษณ์ของหลังคาคล้ายกับอาคารโดยทั่วไป หลังคามุมเอียง 27-28 องศาจากระนาบ เพื่อให้สอดคล้องกับมุมของการวางเซลแสงอาทิตย์ หลังคาด้านทิศเหนือเอียง 45 องศา เพื่อให้มีพื้นที่หลังคาด้านทิศใต้มากและเพิ่มความสูงของฝ้าเพดานของห้องนอนชั้นสอง นอกจากใช้ผิวไฟเบอร์ซีเมนต์บนหลังคาแล้ว ยังสามารถติดตั้งแผ่น Roof Shingle หรือแผ่นหลังคาประเภทอื่นๆ เพื่อให้เกิดความสวยงามตามรสนิยมของเจ้าของ



ภาพที่ 31 การติดตั้งแผ่นหลังคาฉนวนสำเร็จรูปวันแรก

Figure 31 Insulated roof panel installations (first day of construction).



ภาพที่ 32 การติดตั้งผิวหลังคาด้วยแผ่นซีเมนต์ในรูปแบบตีนอนซ้อนเกล็ด การเก็บรายละเอียดขอบหลังคาพร้อมช่องแสงกระจกติดตายบนระเบียงชั้นสอง

Figure 32 Using cement fiber panel for roof finishing.

ลักษณะโครงสร้างของหลังคาบ้านพักอาศัยทั่วไปจะใช้การถ่ายน้ำหนักลงสู่โครงสร้าง เช่น แป ระแนง จันทัน

เป็นต้น เนื่องจากวัสดุมุงหลังคามีน้ำหนักมากและมีขนาดเล็ก จึงต้องออกแบบให้กระเบื้องหลังคามีการเกาะเกี่ยวกับโครงสร้าง มีมุมที่ชันเพื่อป้องกันน้ำฝนไหลย้อน ขั้นตอนการก่อสร้างหลังคาทั่วไปต้องใช้ช่างหลายชุด เช่น โครงเหล็กจะใช้ช่างเหล็ก โครงไม้ใช้ช่างไม้ เป็นต้น การมุงหลังคาต้องใช้ช่างมุงกระเบื้องโดยเฉพาะ ต้องมีประสบการณ์ในการมุง มีทักษะการตัดแผ่นกระเบื้องเพื่อให้กระเบื้องซ้อนทับกันอย่างสนิท คนงานต้องมีความชำนาญและประสบกาณ์การทำงานในที่สูง เพื่อป้องกันการเกิดอันตรายกับตัวคนงานเอง การติดตั้งรางน้ำ การติดตั้งครอบสัน และครอบข้างต่างๆ ต้องมีความชำนาญในรายละเอียดการป้องกันน้ำรั่วซึม

การติดฉนวนใต้หลังคาอาคารที่นิยมใช้ทั่วไปมีลักษณะเป็นฟรอยแผ่นบางนั้น มีความเชื่อว่าการใช้แผ่นฟรอยที่มีความเงาจะสะท้อนความร้อนจากหลังคาอาคารได้ หรือมีฉนวนชนิดบาง หนาประมาณ 2-5 มิลลิเมตรจะช่วยป้องกันความร้อนได้ ผลการเก็บข้อมูลอุณหภูมิพบว่า แผ่นฟรอยหรือฉนวนแผ่นบางสามารถลดความร้อนผ่านหลังคาได้ไม่ถึง 1 องศาเซลเซียส เนื่องจากค่าความเป็นฉนวนของวัสดุจะขึ้นอยู่กับความหนาของวัสดุฉนวน การที่มีวัสดุฉนวนหนาเพียงไม่เกิน 5 มิลลิเมตรนั้น จึงมีค่าการต้านทานความร้อนไม่เพียงพอกับความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร จึงไม่สามารถป้องกันความร้อนจากหลังคาซึ่งมีอุณหภูมิสูงผิวสูงถึง 60-70 องศาเซลเซียส เข้ามาสู่ภายในอาคารได้ ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความรู้สึกและความเชื่อว่าการใช้แผ่นอลูมิเนียมฟรอยสามารถป้องกันความร้อนจากผิวมันเงาของวัสดุ แต่ประเทศไทยมีสภาพแวดล้อมที่มีฝุ่นในอากาศมาก ฝุ่นจึงเคลือบผิวอลูมิเนียมฟรอยภายในระยะเวลาไม่เกิน 3 เดือน ทำให้คุณสมบัติในการสะท้อนความร้อนของคุณสมบัติผิวมันหมดไป การใช้แผ่นฟรอยหรือแผ่นฉนวนชนิดบางใต้แผ่นกระเบื้อง ซึ่งมีค่าความเป็นฉนวนไม่เพียงพอในการป้องกันความร้อน เช่น แผ่นฉนวนชนิดบาง (2 มม.) มีค่าสัมประสิทธิการกันความร้อนรวมเพียง R = 11 hr.sq.ft.F/Btu (1.95 sq.m.C/W) หรือแผ่นฉนวนชนิดบาง (5 มม.) มีค่าสัมประสิทธิการกันความร้อนรวมเพียง R = 12 hr.sq.ft.F/Btu (2.05 sq.m.C/W) ในวันติดตั้ง แผ่นฟรอยมีค่าสัมประสิทธิการกันความร้อนรวมต่ำมาก

การใช้ฉนวนผนังของอาคารมีความหนา 20 เซนติเมตร เนื่องจากผลการวิจัยการป้องกันความร้อนสำหรับอาคารในประเทศไทย พบว่า ผนังหากใช้ฉนวนที่มีความหนา 4 นิ้วหรือ 10 เซนติเมตร มีค่าสัมประสิทธิ์การกันความร้อนรวม R = 16 hr.sq.ft.F/Btu (2.86 sq.m.C/W) จะป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคารค่อนข้างดี แต่ปัจจุบันเกิดสภาวะโลกร้อนทำให้อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงขึ้น จึงแนะนำให้ใช้ผนังที่มีความหนาไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร เพื่อให้มีค่าสัมประสิทธิ์การกันความร้อน R = 20 hr.sq.ft.F/Btu (3.58 sq.m.C/W) สำหรับอาคารที่ก่อสร้างใหม่

บ้านพอเพียงจึงใช้ผนังหนา 20 เซนติเมตร เพื่อให้มีพื้นที่ในผนังสำหรับการติดตั้งท่องานระบบในผนังอาคาร เช่น ท่อน้ำประปา ท่อสายไฟฟ้า เป็นต้น พร้อมกับคุณสมบัติการป้องกันความร้อนที่เหมาะสม กรณีอาคารมีความสูงมากขึ้น มีความจำเป็นต้องใช้เสาเพื่อให้อาคารมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะใช้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่วิศวกรผู้ออกแบบใช้เสาหน้าตัดขนาด 15 เซนติเมตร หรือ 20 เซนติเมตร ก็สามารถใช้ฉนวนโฟมซีเมนต์หุ้มผนัง เสา และโครงสร้าง เพื่อป้องกันการเกิดสะพานความร้อนผ่านโครงสร้างอาคาร

ผลการเก็บข้อมูลอุณหภูมิจากการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังจากภายนอกเข้าสู่อาคาร พบว่าอาคาร ที่ใช้ผนังก่ออิฐมีปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารมาก และเกิดการหน่วงความร้อนจากมวลสารที่หนาและหนัก ความร้อนจะเข้าสู่อาคาร ในช่วงระหว่างเวลา 17:00 น. จนถึงเวลาประมาณ 3:00-5:00 น. ซึ่งเป็นช่วงกลางคืน เมื่อใช้ผนังโฟมซีเมนต์บล็อคหรือผนังที่มีความเป็นฉนวนสูง จะสามารถลดปริมาณความร้อนสะสม ในมวลสารของผนัง ซึ่งเป็นตัวแปรการสะสมความร้อนจากค่าความจุความร้อนของวัสดุ (heat capacity) ดังนั้นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา จึงมีปริมาณการสะสมความร้อนในเนื้อวัสดุน้อยกว่าวัสดุที่มีน้ำหนักมาก จึงลดปริมาณความร้อนสะสมและความร้อนที่ผ่านผนังได้อย่างน้อย 5-10 เท่า ผลการเก็บข้อมูลการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร พบว่า ปริมาณความร้อนจากภายนอกผ่านเข้าสู่อาคารผ่านผนังมีปริมาณพลังงานความร้อนเพียง 1 ใน 3 ของปริมาณความร้อนทั้งหมดที่เข้าสู่ภายในอาคาร แต่ปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารทางหลังคามีปริมาณถึง 2 ใน 3 ของพลังงานความร้อนที่ผ่านเปลือกอาคารทั้งหมด

การใช้กระจกในอาคารบ้านพอเพียงหลังนี้ใช้หลักการจากผลการศึกษาการออกแบบประหยัดพลังงาน บ้านพอเพียงใช้กระจกและตำแหน่งช่องเปิดที่หลีกเลี่ยงการส่องผ่านของแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ หมายถึงไม่มีแสงแดดผ่านเข้าสู่ช่องเปิดกระจกประตูหน้าต่างภายในอาคาร หรือถ้ามีให้มีพื้นที่และระยะเวลาแดดส่องน้อยที่สุด ใช้กระจกลามิเนตซึ่งเป็นกระจกประเภทเดียวกับกระจกด้านหน้าของรถยนต์ เป็นกระจกสองชั้นมีแผ่นพลาสติก Polyvinyl Butyral (PVB) อยู่ตรงกลาง เมื่อกระจกแตกแผ่นเยื่อพลาสติก PVB ระหว่างกระจกจะยึดเศษกระจกที่แตกไว้ แผ่นพลาสติก PVB ยังช่วยป้องกันรังสีอุลต้าไวโอเลตไม่ให้เข้ามาสู่ภายในอาคาร เป็นสาเหตุทำให้เฟอร์นิเจอร์และทำให้สายตามนุษย์เสื่อมลง นอกจากนี้การใช้กระจกลามิเนต จะช่วยเพิ่มความปลอดภัยป้องกันการทุบทำลายกระจกจากขโมยที่จะเข้ามาในตัวอาคาร การใช้กรอบประตูหน้าต่างเป็นวัสดุพลาสติกสีขาวหรือ uPVC มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน ช่วยลดการนำความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารได้ดี บานกรอบ uPVC มีรายละเอียดในการป้องกันการรั่วซึมของขอบวงกบและบานประตูหน้าต่าง นอกจากนี้ลักษณะการออกแบบของกรอบประตูหน้าต่าง uPVC จะมีชุดล็อคซึ่งไม่ได้ติดตั้งอยู่บริเวณมือจับและสามารถปรับเปลี่ยนแนวล็อคได้หลายจุด โดยประตูหน้าต่างแต่ละบานจะมีตำแหน่งล็อคที่ไม่เหมือนกัน จึงเป็นการยากที่ขโมยจะงัดแงะเพื่อเปิดบริเวณมือจับหรือบริเวณล็อคของประตูหน้าต่าง การใช้บานกรอบ uPVC ต้องเป็นพลาสติกที่ป้องกันการทำลายเนื้อวัสดุจากรังสีอุลต้าไวโอเลต มีความเหนียว เครื่องมือไขควง ตะปู หรือค้อน ยากที่จะทำให้แตกหักได้ ประตูหน้าต่าง uPVC ในปัจจุบันที่ผลิตจากโรงงานที่ได้มาตฐานจะใส่สารป้องกันการเสื่อมจากแสงรังสีอุลต้าไวโอเลต ทั้งแสงแดดและแสงกระจายจากท้องฟ้า ทำให้สีเนื้อ uPVC ไม่เปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองหรือเนื้อไม่กรอบแตก ไม่เหมือนบานประตูพลาสติกทั่วไปที่ไม่ผสมสารป้องกันรังสีอุลต้าไวโอเลต ประตูหน้าต่างพลาสติกทั่วไปจะมีราคาถูก เช่น ประตูห้องน้ำ จึงไม่ใช่มาตรฐานวัสดุที่เหมาะสมในการก่อสร้างอาคาร

อาคารทั่วไปใช้วัสดุก่อสร้าง เช่น คอนกรีต เหล็ก และอิฐ ที่มีคุณสมบัติการป้องกันความร้อนน้อยมาก การใช้เทคนิคช่องว่างอากาศ การใช้วัสดุที่ทำจากไม้จะมีความเป็นฉนวนสูงขึ้น ส่วนวัสดุใยแก้วจะมีค่าการกันความร้อนสูงขึ้นใกล้เคียงกับวัสดุโฟมสีขาว (Poly styrene) ส่วนโฟมสีเหลือง (Poly Urethane) เป็นวัสดุที่มีค่าความเป็นฉนวนสูงที่สุด ดังนั้นอาคารบ้านพอเพียงจึงเลือกใช้ (Poly styrene) และ (Poly Urethane) เป็นส่วนประกอบของฉนวน โฟมทุกชนิดต้องใส่สารกันไฟลามตามมาตรฐานการป้องกันไฟของอาคาร วัสดุก่อสร้างในอาคารทั่วไปต้องไม่เป็นชื้อเพลิง ไม่เกิดควันหรือไอระเหยเมื่อเพลิงไหม้ เพราะจะทำให้ผู้อยู่อาศัยเกิดอันตราย วัสดุก่อสร้างที่ใช้ทำโครงสร้างต้องทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง หากผู้ใช้ไม่ทราบมาตรฐานหรือเลือกใช้วัสดุไม่ถูกต้อง การใช้วัสดุก่อสร้างหรือวัสดุตกแต่งที่ไม่เคลือบสารกันไฟจะมีอันตรายอย่างมากจากเพลิงไหม้ วัสดุตกแต่งภายใน เช่น ผ้าม่าน วัสดุรางพลาสติก ม่านพลาสติกสามารถเคลือบสารกันไฟลามได้ ปัจจุบันการผสมสารกันไฟลามในวัสดุโฟมมีราคาไม่แพงเป็นมาตรฐานที่ผู้บริโภคควรเอาใจใส่และทดสอบการกันไฟของวัสดุในบ้านหรืออาคารที่ท่านอยู่อาศัย เพื่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน วิธีการทดสอบวัสดุที่ใช้ผสมสารกันไฟลามหรือไม่ เริ่มโดยนำชิ้นวัสดุตัวอย่างแต่ละล็อตในการก่อสร้างมาเผาไฟ วัสดุที่ไม่ผสมสารกันไฟลามจะไหม้ทั้งหมด หรือเมื่อนำเปลวไฟออกแล้วยังมีเปลวไฟติดอยู่และไหม้ลามต่อไป ในกรณีวัสดุผสมสารกันไฟลาม เมื่อเผาไฟ วัสดุนั้นจะละลายหรือไหม้ไฟในบริเวณที่เผาเท่านั้น เมื่อนำเปลวไฟออกจากตัววัสดุ เปลวไฟจะค่อยๆหยุดและมอดไปในที่สุด

ความเข้าใจในการออกแบบบ้านพอเพียงด้านการป้องกันความร้อนและประสิทธิภาพของอาคารนั้นสามารถใช้สูตรการคำนวนง่ายๆ (Q = U * S/A * T * 1/COP) ตัวแปรที่หนึ่ง U หมายถึง ค่าการนำความร้อนรวมของวัสดุผิวอาคารทั้งหมด (ผนังหลังคาและประตูหน้าต่าง) ตัวแปรที่สอง S/A หมายถึง สัดส่วนของผิวอาคารภายนอกทั้งหมดหารด้วยพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ตัวแปรที่สาม T คือ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่ตั้งไว้ในการปรับอากาศ ตัวแปรที่สี่ 1/COP คือ ประสิทธิภาพหรือ Coefficient of Performance (COP) ของระบบปรับอากาศในอาคารที่ท่านเลือกใช้เช่น เบอร์ 1 เบอร์ 2 เบอร์ 3 เบอร์ 4 เบอร์ 5 หรือมากกว่านั้น

เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวนตามสูตรจะเห็นว่า บ้านทั่วไปมีประมาณพลังงานความร้อนที่เข้าสู่อาคาร 14.04 หน่วย แต่บ้านพอเพียงมีปริมาณความร้อนเข้ามาเพียง 0.23 ซึ่งมีแตกต่างกันถึง 60 เท่า ดังนั้นตัวแปรทั้ง 4 จึงมีความสำคัญในการออกแบบ ซึ่งแต่ละตัวแปรมีกลุ่มผู้ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ 1) ตัวแปรของคุณสมบัติฉนวนของวัสดุ เกี่ยวข้องกับผู้ผลิตวัสดุที่ต้องศึกษาวิจัยและผลิตให้วัสดุมีคุณภาพตามมาตฐาน 2) ตัวแปรด้านสัดส่วนรูปแบบของอาคาร เกี่ยวข้องกับสถาปนิกผู้ออกแบบที่จะกำหนดรูปทรงให้มีความเหมาะสมมีพื้นที่ผิวเปลือกอาคารน้อยและใช้วัสดุที่เหมาะสม ในการออกแบบและก่อสร้างเพื่อป้องกันความร้อน 3) ตัวแปรด้านความแตกต่างของอุณหภูมิปรับอากาศ เกี่ยวข้องกับภูมิสถาปัตยกรรมเป็นการปรับปรุงด้านสภาพแวดล้อม การออกแบบสวนหรือพื้นที่เมืองหรือพื้นที่ต่างจังหวัดให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิปรับอากาศภายในอาคารน้อยที่สุด 4) ตัวแปรประสิทธิภาพระบบปรับอากาศหรือเครื่องแอร์ เกี่ยวข้องกับการออกแบบโดยวิศวกรและผู้ผลิตระบบเครื่องจักร อิทธิพลตัวแปรที่กล่าวมาสรุปได้ว่า อาคารบ้านพอเพียง ได้รับอิทธิพลจากตัวแปรด้านคุณสมบัติวัสดุที่สามารถลดการถ่ายเทและการแผ่รังสีพลังงานความร้อนเข้าสู่อาคารได้มากที่สุด รองลงมาคือ ตัวแปรทางด้านภูมิสถาปัตยกรรมซึ่งสามารถลดปริมาณความร้อนได้ประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณของความร้อนที่เข้ามาสู่อาคาร ส่วนรูปทรงอาคารสามารถลดอิทธิพลได้ 1 ใน 3 ส่วนระบบปรับอากาศในอาคารปัจจุบันมีประสิทธิภาพสูงมากอยู่แล้ว วิศวกรพัฒนาเทคโนโลยีระบบปรับอากาศมายาวนาน จึงมีการลดใช้พลังงานได้น้อย แต่ในอนาคตหากใช้ระบบพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนไป โดยปรับเปลี่ยนระบบไฟฟ้าจากกระแสสลับ (AC) มาเป็นระบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และใช้ร่วมกับพลังงานทดแทน โดยไม่ต้องเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับของพลังงานทดแทน เช่น Invertor จะทำให้ระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

A typical residential roof structure has to carry small size heavy roof tile using a lot of purlin and lath members. The roof structure can load similar to car park. Because of small size of roof tile, roof angle is very steep to prevent leakage from rain and storm. Roof construction required different labor skill such as carpenter, steel, and experienced roof tile. How to cut roof tile, how to work in high place, how to seal joints, are very important and required experts in construction.

A very thin aluminum foil sheet is most common way for contractors putting under roof tile. Some use 5 millimeter insulation with foil sheet. They believe that thin aluminum foil can protect heat. It can reduce heat not more than 1 degree Celsius. Thin foil material has very small amount of thermal resistant property. It cannot prevent heat of 60-70 degrees Celsius from roof attic into the building, but some still believes that reflective surface of foil can reflect heat. It is a lot of dust in hot-humid region. Therefore, only couple weeks, dust will cover all reflective foil surfaces. There is no reflective property any more since then. Thermal resistance of 2-millimeter thick insulation has only R = 11 hr.sq.ft.F / Btu (1.95 sq. .mC / W) or 5-milllimeter thick has only R = 12 hr.sq.ft.F / Btu (2.05 sq.mC/W). Those thermal resistances are not enough to prevent roof heat.

Wall insulation of housing in Thailand is recommended to be 20 centimeter thick. Ten years ago, only 10 centimeter insulation thickness with R = 16 hr.sq.ft.F / Btu (2.86 sq. .mC / W) can protect outside heat. Today, global warming situation rises temperature gradient up. Now, it is recommended to have R = 20 hr.sq.ft.F / Btu (3.58 sq. .mC / W) of wall insulation.

Sufficient home has 20 centimeter thick wall to allow pipes, ducts, electric wires inside. If a house is taller, it may require more structure member. Reinforced concrete or steel member section

of 15 or 20 square centimeter would be appropriate. Foam cement material also prevents thermal bridge from outside to building structure.

Masonry wall causes large amount of heat transfer to the house. Heat is usually entering the house between 5 pm till 3 am during the night because high

thermal mass affects decay time. Foam cement block can protect heat transfer and reduce heat storage 5-10 times approximately. It is light weight material so the amount of heat storage is less than the heavy one. Wall is only one-third of total heat from outside while two-third of heat comes from roof.

Opening design have to avoid direct sun ray penetrate all glass areas. Laminated glass is used for openings in Self-Sufficient Home, which the same front windshield glass in a car. Middle layer between glasses is Polyvinyl Butyral (PVB) plastic sheet. If glass is broken PVB plastic membrane will whole glass fragile. PVB membrane also prevents ultra-violet ray. It causes color fade in furniture and eye deteriorates. Laminated glass increases security from break and stolen. With uPVC (unplasticized polyvinyl chloride) frame, lock set can be several random locks. It does not locate at the door knob. Tools, nails, screwdriver or hammer hard to break uPVC frame. uPVC is also an insulation material with air tight detail. uPVC windows and doors currently made in standard manufacture to prevent deterioration by ultra-violet ray. It is different material than cheaper bathroom plastic door that can be cracked soon.

Common building materials such as concrete, steel and brick have very less heat protection property. Using air gap technique in architectural details can increase insulation property. Wood, glass fiber, poly styrene foam, and poly urethane foam are good insulation materials. It should be aware of fire protection code when construct the building. Materials should not be farmable and less smoke or vapor on fire. It requires two hours fire resistance. Foam as good insulation has to be fire retardant grade. Furniture and other fabric covering have to make with fire retardant coating. This is how to test fire retardant foam in building. When put frame on non-fire retardant foam, it will burn the whole piece. If we put frame on fire-retardant foam, it will melt only those areas. Then, when remove frame from foam, foam will stop melt or burn.

Sufficient home design started with understanding thermal protection and building performance. Designers need to understand a simple formula to calculate heat flow ($Q = U * S / A * T * 1 / COP$). A variable U represents total thermal conductivity of building surfaces (Walls, roof, windows and doors). the second variable S / A is the ratio of building envelop surface divided by usable area. The third variables T is air temperature difference between outdoor and indoor air with air condition. The last variable 1 / COP is the efficiency or Coefficient of Performance (COP) of air conditioning systems in building that can be selected as No. 1 No. 2 No. 3 No. 4 No. 5 or more.

The calculating results of typical house and Self-Sufficient Home found that typical house has total heat flow in 14.04 units but Self-Sufficient Home has only 0.23 units, which is 60 times different. Those four variables in formula are very important in design stage. Material thermal property is associated with material manufacturers to research and produces the material quality accord-

ing to standards. Building envelop ratio is associated with the project architects to define an appropriate shape with less surface building envelope area and appropriate materials. The temperature difference variable is associated with landscape architecture to improve cool micro climate and rich environment. The last variable, air conditioning system performance is associated with mechanical engineers and manufacture. Among those four variables, material property is the most important factor. It can reduce huge amount of heat (conduction, convection, and radiation). Cool microclimate and rich landscape is the second important factor. It can reduce the startup heat from outside entering to building envelop. Building envelop ratio has one-third impact. Then, the air conditioning performance has been already well developed for a long time. In the near future, if direct current (DC) electrical power is applied to air conditioning system, its performance would increase. It can combine with renewable energy sources without transform from DC to AC. The energy would not loss through invertor system.

บทที่ 6
Chapter 6
สรุปบ้านพอเพียง
Summary of Self-Sufficient Home

การสร้างต้นแบบบ้านพอเพียงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ที่มีรายได้ปานกลางสามารถเป็นเจ้าของได้ ตามแนวคิดการปฏิวัติแกนความคิดทางสถาปัตยกรรม Paradigm Shift in Architecture บ้านพอเพียงมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ มีการใช้พลังงานน้อย มีสภาพแวดล้อมอยู่ในเขตสบายและสามารถสร้างรายได้ให้กับอาคารจากพลังงานทดแทน เพื่อเผื่อแผ่ให้ชุมชนและสภาพแวดล้อม มีค่าก่อสร้างที่เหมาะสมในอัตราราคาต่อตารางเมตรของปีนั้น แนวคิดและวิธีการออกแบบเริ่มจากการใช้สภาพแวดล้อมที่สมบูรณ์ปรับอุณหภูมิอากาศภายนอก 35 องศาเซลเซียส การใช้ปัจจัยกระแสลม ปัจจัยอุณหภูมิผิวรอบอาคาร (MRT) การป้องกันไม่ให้แสงอาทิตย์ส่องผ่านโดยตรงถึงประตูหรือหน้าต่าง ทำให้ร่างกายรู้สึกเสมือน 25 องศาเซลเซียส ซึ่งตรงข้ามกับสภาพแวดล้อมปัจจุบันในเขตเมืองที่มีลักษณะพื้นแข็งที่อมความร้อน ทำให้อุณหภูมิผิวรอบร่างกาย (MRT) ที่ร้อนกว่าอุณหภูมิผิวหนัง จึงแผ่รังสีความร้อนจากผิวร้อนแผ่เข้าสู่ร่างกายผู้ใช้อาคาร พื้นที่รอบบ้านไม่มีกระแสลมผ่านและกระจกประตูหน้าต่างรับแสงแดดโดยตรงจากดวงอาทิตย์ โดยปัจจัยทั้ง 3 ประการนี้จะทำให้มนุษย์รู้สึกเสมือนว่ามีอุณหภูมิอากาศสูงถึง 44 องศาเซลเซียส การออกแบบบ้านพอเพียงเพื่อลดระยะเวลาการก่อสร้าง จึงออกแบบรวมไปถึงขั้นตอนและวิธีการก่อสร้าง บ้านทั่วไปจะใช้โครงสร้างฐานราก เสา คาน พื้น และโครงหลังคา รวมถึง สันหลังคา มีลักษณะวัสดุชิ้นเล็ก การก่อสร้างจำเป็นต้องก่อสร้างในสถานที่นั้น เช่น คอนกรีตหล่อกับที่ การเชื่อมเหล็ก การยึดค้ำยันในพื้นที่ก่อสร้าง ทำให้ใช้เวลาการก่อสร้างมาก ตัวอย่างการก่อสร้างหลังคา หากใช้จำนวนคนเท่ากัน บ้านทั่วไปใช้เวลาก่อสร้างเฉพาะหลังคาถึง 33 วัน ส่วนบ้านพอเพียงใช้วัสดุที่ประกอบสำเร็จรูปจากผู้ผลิต มีการควบคุมมาตรฐานที่ดีตามมาตรฐาน QC ของโรงงาน และขนส่งพื้นที่ก่อสร้าง ระยะเวลาก่อสร้างหลังคาจึงใช้เวลาเพียง 3 วัน ระยะเวลาก่อสร้างที่ลดลงจึงลดค่าแรงงานไปพร้อมกัน บ้านพอเพียงใช้วัสดุที่มีคุณภาพสูง ดังนั้นราคาวัสดุต่อตารางเมตรจึงสูงกว่าบ้านทั่วไป แต่เนื่องจากกระบวนการก่อสร้างบ้านพอเพียงสามารถลดค่าแรงและลดระยะเวลาในการติดตั้งได้ ค่าแรงส่วนที่ลดลงจึงนำมาเพิ่มในหมวดวัสดุที่มีมูลค่าราคาสูงขึ้น ดังนั้นค่าก่อสร้างโดยรวมของบ้านพอเพียงจึงใช้งบประมาณใกล้เคียงกับบ้านทั่วไป และยังมีระยะเวลาในการก่อสร้างลดลง การก่อสร้างบ้านพอเพียงจึงใช้เวลา 30-90 วัน ในขณะที่บ้านทั่วไปใช้ระยะเวลา 200-350 วัน บ้านทั่วไปจะมีปริมาณ Dead Load สูง ประมาณ 200 ตัน แต่บ้านพอเพียงใช้วัสดุก่อสร้างที่มีน้ำหนักเบา จึงมีปริมาณ Dead Load น้อย ไม่เกิน 100 ตัน ฐานรากของบ้านพอเพียงจึงใช้เข็มสั้นขนาดหน้าตัด 6 นิ้ว ยาว 6.00 เมตร เพื่อรับน้ำหนักโดยตอกเข็มแบบปูพรมกระจายทั่วพื้นที่ของฐานบ้านพอเพียง การตอกเข็มจึงไม่ได้ใช้ปั้นจั่น เพียงแต่ใช้รถแม็คโครกดหัวเข็มตามตำแหน่งที่วิศวกรคำนวณ ฐานรากของบ้านพอเพียงใช้ระบบเดียวกับถนนทางหลวงสาธารณะที่เราใช้ในการเดินทาง ถนนทางหลวงสามารถรับน้ำหนักรถบรรทุกหนักและแรงกระแทกได้ จากแนวคิดดังกล่าวฐานรากของบ้านจึงหล่อคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นพื้นชั้นล่างคลุมหัวเข็ม 6 นิ้ว 6 เมตรทั้งหมด แผ่นพื้นใช้คอนเกรีตหนาประมาณ 25 เซนติเมตรถึง 30 เซนติเมตรทั้งแผ่น เพื่อคลอบคลุมฐานของบ้านในลักษณะ Matt Foundation พร้อมทั้งการวางช่องท่อต่างๆของพื้นชั้นล่างที่เตรียมไว้ในระหว่างการก่อสร้างการหล่อพื้นชั้นล่าง มีการเสริมเหล็กพื้นแต่ละส่วนสอดคล้องกับการรับแรง โดยเฉพาะบริเวณขอบพื้นที่รับน้ำหนักของโครงสร้างในลักษณะของผนังรับน้ำหนัก (Wall Baring)

ภาพที่ 33 บ้านพอเพียงเมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จมีระบบนิเวศที่สมบูรณ์ พร้อมแหล่งน้ำ
Figure 33 Completed construction of Self-sufficient Home with pond and fully biodiversity environment.

The Sufficient Home prototype is intended to serve moderate income class. The main design concept has been influenced from the New Paradigm Shift in Architecture. The house would have low maintenance costs, less energy consumption, enrich bio-diversity environment, provide human comfort all year long, and produce renewable energy. It would share surplus energy to neighborhood and community. Construction budget would be equivalent to conventional house constructed in the same year.

Design concept and construction methods took benefits of micro climate and environment modification. From outside air temperature of 35 degree Celsius, cool mean radiant temperature (MRT), no direct sun through openings, and wind, can make human body feels like 25 degrees Celsius. Meanwhile, urban environment today has a lot of hard surfaces and heat sources. It makes human body feel too hot from conduction, convection, and radiation. It has no air flow, and exposes to direct sun. People would feel like air temperature up to 44 degrees Celsius.

Sufficient Home design is to reduce the construction period from detail design and construction method design. Typical house normally uses skeleton structure as piles, foundations, columns, beams, floor, trusses and small roof tiles. Most constructions are wet and onsite processes, such as

concrete, welding. With the same number of labor, for example, typical roof construction would spend 33 days. Sufficient Home using roof panel from manufacture would spend only 3 days of roof construction and installation.

Sufficient Home uses high thermal performance materials. Therefore, material cost per square meter is higher than a typical house. However, Sufficient Home can reduce labor costs and reduce construction time. Then, labor costs and operation costs will be put into high performance material budget. Therefore, Sufficient Home construction cost is closed to typical house. Typical house usually takes 200-350 days of construction while Sufficient Home would take 30-90 days. Typical house has dead load about 200 tons while Sufficient Home has about half. Sufficient Home requires only small pile as 6 inch 6.00 meter as matt foundation. Matt foundation is also the first floor which adopts highway structure to building structure. All pipes were block out on the first floor. Along load bearing wall, first floor plat form already design and calculated.

ภาพที่ 34 ทัศนียภาพด้านหน้าบ้านพอเพียง

Figure 34 Front view of Self-sufficient Home.

เอกสารอ้างอิง

References

กมล เกียรติเรืองกมล. โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อคาดการณ์ปริมาณแสง ธรรมชาติโดยใช้ข้อมูลสภาพท้องฟ้าในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

กรุง กุลชาติ. สาระศาสตร์สถาปัตย์ การประชุมวิชาการครั้งที่ 1. การจัดการใช้พื้นที่ในอาคารเพื่อลดภาระทำความเย็น กรณีศึกษา: อาคารของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

กาญจนา สิริภัทรวณิช. การใช้ต้นไม้ยืนต้นในการปรับแต่งสภาพแวดล้อมเพื่อลดการใช้พลังภายในอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

ไขแสง ศุขะวัฒนะ. สวนไทย. กรุงเทพฯ : อี เอส พี พริ้นท์, 2538 พิมพ์ครั้งที่ 1

ไขแสง ศุขะวัฒนะ. สวนไทย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546 พิมพ์ครั้งที่ 3

ปัทมาพร ศิริผลวุฒชัย. เทคนิคการใช้แสงธรรมชาติผ่านแผงควบคุมช่องเปิดด้านบน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

ชญาณิน จิตรานุเคราะห์. การวิเคราะห์สาระสำคัญของเทคโนโลยีเรือนไทยภาคกลาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาตุษฎีบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

ผุสดี ทิพทัส. เกณฑ์ในการออกแบบสถาปัตยกรรม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

พัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กรม. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. กรุงเทพมหานคร: กองอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2536.

พัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กรม. การใช้กระจก. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คอมฟอร์ม, 2543.

พัฒนาและส่งเสริมพลังงาน,กรม. การใช้วัสดุและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์คอมฟอร์ม ,2543.

พัทธวดี รุ่งโรจน์. ผลกระทบของรูปทรง และคุณสมบัติการสะท้อนของแสงธรรมชาติภายในอาคารเอเทรียม สำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์. "สาเหตุและผลกระทบจากปัญหาคุณภาพอากาศในอาคารสถาบันการศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา (Causes and Effect of Indoor Air Quality Problems in Education Facilities (Based on the United States and Canada Studies)" วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ปีการศึกษา 2543 : หน้า 105-126.

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

วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์. "การพัฒนาโครงการที่อยู่อาศัยในแนวเน้นธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม" วารสารธนาคารอาคารสงเคราะห์ ฉบับที่ 59 เดือนตุลาคม-ธันวาคม 2552.

วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์. "บทสนทนาว่าด้วยความคิดทางสถาปัตยกรรมจากธรรมชาติศึกษา" วารสารธนาคารอาคาร

สงเคราะห์ ฉบับที่ 59 เดือนตุลาคม-ธันวาคม 2552.

วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์. การออกแบบและสร้างบ้านพอเพียง เพื่อผู้มีรายได้น้อยในวารสารธนาคารอาคารสงเคราะห์ ฉบับที่ 60 เดือนมกราคม-มีนาคม 2553.

วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์. พลิกโฉมแกนความคิด ในการออกแบบสถาปัตยกรรมอย่างยั่งยืน. บริษัท อาร์ต คลับ จำกัด. กรุงเทพฯ 2555.

วัฒนพงษ์ รักษ์วิเชียร. รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดอุตสาหกรรม = Development of fruit solar dryer for the industrial scale. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2534.

วิมลสิทธ์ หรยางกูร. พฤติกรรมมนุษย์กับสภาพแวดล้อม. มูลฐานทางพฤติกรรมเพื่อการสื่อสาร ออกแบบและวางแผน. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.

วิมลสิทธิ์ หรยางกูร. การจัดทำรายละเอียดโครงการเพื่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรม. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

วิมลสิทธ์ หรยางกูร. พัฒนาการแนวความคิดและนรูปแบบของงานสถาปัตยกรรม. กรุงเทพมหานคร : สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2536.

สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สุนทร บุญญาธิการ. วัสดุอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คอมฟอร์ม, 2542.

สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สุนทร บุญญาธิการ และอุษณีย์ มิ่งวิมล. การใช้ฉนวน: เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์ พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คอมฟอร์ม, 2543.

สุนทร บุญญาธิการ และ อุษณีย์ มิ่งวิมล. การใช้วัสดุและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน: เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คอมฟอร์ม, 2543.

สุนทร บุญญาธิการ, วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์, สุวิชา เบญจพร, พรรณจิรา ทิศาวิภาต และณัฐกานต์ เกษประทุม. พลังงานใกล้ตัว. กรุงเทพมหานคร: เฟิสท์ ออฟเซท (1993), 2545.

สุนทร บุญญาธิการ. บ้านชีวาทิตย์ บ้านพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อคุณภาพชีวิตผลิตพลังงาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

America Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineerings. ASHRAE Applications Handbook. I-P Edition. Atlanta Geogia: (n.p.), 2001.

America Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineerings. ASHRAE Systems and Eqipment Handbook. SI Edition. Atlanta geogia: (n.p.), 1997.

Bansal, N.K., Hauser, G., and minke, G' Passive building design: a handbook of natural Climatic con trol. Netherlands: Elsevier science B.V., 1994.

Beall, Christine. Thermal and moisture protection manual: for Architects, engineers, and Contrac tors. New York: McGraw-Hill, 1998.

Bowring, J. The Kingdom and People of Siam. London: Oxford University Press, 1996.

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

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

Buranakarn, Vorasun. "Philosophical Issues of Recycling." Manusya Journal of Humanities, Vol. 2, No. 2, September 1999. pp. 1-12. ISBN 0859-9920.

Buranakarn, Vorasun. "Energy and Environmental Inputs Throughout Building Industry Life Cycle" Clima 2000 / Napoli 2001 7th Rehva World Congress Napoli (I) 15-18 September 2001. REHVA Federation of European Heating and Air Conditioning Associations, Brussels. Organized by Al CARR – Italian Association of Air Conditioning, Heating and Refrigerating Engineers, Milan. Se tion: Energy and Building pp.141-154.

Buranakarn, Vorasun. A Comparative Emergy Evaluation of 500-year Traditional Temples and Houses in Thailand third Biennial Emergy Analysis Research Conference. January 29-31th, 2004. De partment of Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida, USA.

Buranakarn, Vorasun. "A New Paradigm Shift Design for Global Warming Solution" Proceeding. World Alternative Energy Sciences Expo 2009. Thailand. March 5-8th, 2009.

Egan. M. David. Concepts in Architectural Lighting. New York: McGraw-Hill, 1983.

Fanger, P.O. Thermal Comfort Analysis and Application in Enviromental Engineering. New york: Mc Graw-Hill, 1970.

Fiynn, J.E., and Malloy, J.F. Archtectural Interior Systems : Lighting, Air Conditions, Acoustics, New York: Van Nostrand Rienhold,1970.

Givoni, Baruch. Man climate and architecture. Amsterdam: Elsevier publishing, 1969.

Givani, Baruch. Man Climate and Architecture. 2nd edition. London: Applied Science pub., 1976.

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

Hopkinson,R.G., and Kay, J.D. The Lighting of Buildings. London: Faber and Faber, 1972.

Olgyay, Victor. Design with climate. New Jersey: Princeton University Press, 1962.

Olgyay, Victor. Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism. 2nd ed. New York: Van Nostrand Rienhold, 1992.

Stein, Benjamin and Reynoids, John S. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. 7thed. New York: Jon Wiley & Sons, 1992.

Surapong, C. Daylighting for Building in the Topic 1. Thailand:Asian Institute of Technology, 1998.

Surapong, C. Daylighting for Building in the Topic 2. Thailand:Asian Institute of Technology, 1998.

Turner, J. Design with Light. New York: Watson – Guptill, 1998.

URL: http://www.shadyattia.net online August 21st, 2013.

รองศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์

รองศาสตราจารย์ระดับ 9 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

ผู้อำนวยการฝ่ายวิจัย ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยี

อาคารและสิ่งแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- สถาปัตยกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
- ที่ปรึกษาระบบการบริหารจัดการอาคารและระบบสาธารณูปโภค อาคารมหาธีรราชานุสรน์ สถาบันวิทยบริการ และอาคารเทพทวาราวดี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- รางวัลอนุรักษพลังงานดีเด่น ปี 2556 อาคารทีทำการสภาสถาปนิก ถนนพระราม 9
- อดีตที่ปรึกษากรรมาธิการวุฒิสภา สามจังหวัดชายแดนภาคใต้
- ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงาน พลังงานทดแทน และสิ่งแวดล้อม The United nation for Environmental Program (UNEP)

Present Position

- Faculty of Architecture, Chulalongkorn University.
- Building Facility Management Adviror for Center of Academic Resources and Faculty of Laws, Chulalongkorn University.
- United Nations Environment Programme : Eco-house Expert
  Awards
- 2013 Thailand Energy Award (New Builidng), Architect Council of Thailand Head Office Building.
- 2010 International Outstanding Research Awards (Renewable Energy) Award, Office of International Studies and Programs, International
- 2011 Outstanding Alumni Award, Chulalongkorn University.
- 1995-1998 Thai Government Scholarship to study in doctoral level (Energy Conser vation).
- 1992 Member of Tau Sigma Delta Honor Society in Architecture and Allied Arts (4.00 GPA), University of Colorado at Denver, USA.
- 1990 Architectural Design Award with gold medal in Thesis Design (1st rank), Faculty of Architecture, Chulalongkorn University, Thailand.