

ผลกระทบจากอาคารข้างเคียงที่มีต่อพลังงานแสงอาทิตย์



นาย สถาปนีย์ เชื้อสถาปนศิริ

ศูนย์วิทยพัทยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECT OF LOCAL OBSTRUCTIONS  
ON SOLAR RADIATION

MR.Satap Chuastapanasiri



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Architecture in Architecture

Department of of Architecture

Faculty of of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลกระทบจากอาคารข้างเคียงที่มีต่อพลังงานแสงอาทิตย์

โดย

นาย สถาปนีย์ เชื้อสถาปนศิริ


สาขาวิชา

สถาปัตยกรรม

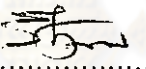
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก


อาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ

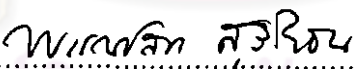
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


  
..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุลาลัย)

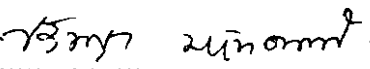
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ สังกุล)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(อาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท ศรีโยธิน)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุต)

  
..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชญา มนต์ธนวิ)

สถาปน์ เชื่อสถาปนศิริ : ผลกระทบจากอาคารข้างเคียงที่มีต่อพลังงานแสงอาทิตย์.  
 (THE EFFECT OF LOCAL OBSTRUCTIONS ON SOLAR RADIATION) อ. ที่  
 ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์,  
 131หน้า.

การศึกษาเรื่องผลกระทบจากอาคารข้างเคียงที่มีผลต่อพลังงานแสงอาทิตย์ มี  
 วัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่เปลี่ยนแปลงอันเนื่องจากสาเหตุของ  
 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของที่ตั้ง โดยเฉพาะจากการบดบังของอาคารข้างเคียง โดย  
 ทำการศึกษาผลกระทบของอาคารข้างเคียงที่มีต่อพื้นที่ดินจำลองขนาด 20x20 เมตร(100  
 ตารางวา) โดยกำหนดให้ อาคารข้างเคียงมีลักษณะเป็นอาคารชุดพักอาศัย 4 แบบได้แก่ มัง  
 ดัวโอประชิดที่ดิน มังดัวโอคู่ตรงข้ามที่ดิน มังดัวแอลประชิดมุมที่ดินและมังดัวยูโอล้อม  
 ที่ดิน โดยกำหนดให้แบบจำลองอาคารชุดทั้ง 4 แบบ ปลูกสร้างเว้นระยะห่างจากแนวเขต  
 ที่ดินโครงการ 6 เมตร ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) และจำลองสภาพความสูงที่  
 เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 10 เมตรจนถึง 300 เมตร โดยในการศึกษานี้ได้ทำการวัดค่าปริมาณการ  
 มองเห็นท้องฟ้าและปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกลงสู่พื้นที่ดิน

จากการศึกษาพบว่า มังอาคารข้างเคียงแบบมังดัวโอประชิดที่ดินจะส่งผลต่อ  
 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกลงสู่พื้นที่ดินน้อยที่สุด และกรณีที่มีแนวอาคารขนาด  
 ใหญ่แบบมังดัวยูล้อมรอบที่ดิน 3 ด้าน จะส่งผลต่อพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกลง  
 เปลี่ยนแปลงมากที่สุด โดยปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่คำนวณได้มีค่าลดลงเหลือ  
 1.54 KWh/m<sup>2</sup>/วัน หรือประมาณ 1 ใน 4 ของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยอ้างอิงตลอด  
 ทั้งปีโดยเฉลี่ยของประเทศไทย โดยได้สร้างมาเป็นสมการเพื่อคาดการณ์ปริมาณพลังงาน  
 แสงอาทิตย์เฉลี่ยจากรูปแบบและความสูงของอาคารข้างเคียง

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์  
 สาขาวิชา สถาปัตยกรรม  
 ปีการศึกษา 2553

ลายมือชื่อนิสิต.....*วิมลพร ใจสันทนศิริ*  
 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....*Qua Qua*  
 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....



## 5174295525 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS : LOCAL OBSTRUCTIONS / SOLAR RADIATION / VISIBLE SKY

SATAP CHUASTAPANASIRI : THE EFFECT OF LOCAL OBSTRUCTIONS ON  
SOLAR RADIATION. THESIS ADVISOR : VORAPAT INGKAROJRIT, Ph.D.,  
131 pp.

The purpose of this study was to explore the effect of local obstructions on solar radiation. Emphasis was placed on the effect of obstructions on a plot of land sized 20x20 meters (100 square two-meters). The study was conducted on four floor plans of large-scale residential buildings: the I-shaped adjacent to the plot of land, the double I-shaped opposite the plot of land, the L-shaped adjacent to the plot of land and the U-shaped plot of land. Under the provision of the Ministerial Regulation No. 33 (B.E. 2535), the residential buildings were constructed with a minimum space of six meters wide from the land and with their heights ranging from ten to three hundred meters. The study was aimed at measuring the amount of the sky view and the average amount of solar radiation onto the ground.

Findings clearly suggest that the floor patterns of local obstructions have different effects on the amount of solar radiation. The I-shaped local obstruction adjacent to the land has the smallest effect on the average amount of solar radiation onto the ground, while the U-shaped large-scale construction has the greatest effect on the amount of solar radiation. The average amount of measured solar radiation decreased to 1.54 KWh/m<sup>2</sup> per day or to approximately one-fourth of the solar radiation that can on average be measured in Thailand per year. Thus, this study presents the equation that can be used for calculation of the average amount of solar radiation on the ground, with the local obstructions' floor patterns and height as variables.

Department : Architecture.....

Field of Study : Architecture.....

Academic Year : 2010.....

Student's Signature *Tenue KORNLIAD*

Advisor's Signature *Quis Quis*

Co-Advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ  
อาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ และ รศ. พรรณชลัท สุริโยธิน อาจารย์ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์ ผู้ให้คำปรึกษาและกำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถนธ์ เศรษฐบุตร และ อ.ศิริทิพย์ หาญทวีวงศ์ ในคำแนะนำ  
และการปูพื้นฐานความรู้การใช้งานโปรแกรมเพื่อการทำวิทยานิพนธ์  
รศ.ดร.วีระ สัจกุล และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.ปรีชญา มหัทธนนทวิ สำหรับคำแนะนำใน  
การปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น  
อาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ทุกท่านที่มอบวิชาความรู้และคำแนะนำที่ดีใน  
การศึกษาและการประกอบวิชาชีพ  
มารดา บิดา ครอบครัว และคุณงามความดี สำหรับกำลังใจและทุกความห่วงใย  
เจ้าหน้าที่ภาควิชาสถาปัตยกรรม ในความช่วยเหลือต่างๆที่มีให้อย่างไม่เหน็ดเหนื่อย  
เพื่อนร่วมรุ่นกลุ่ม IDEA และ FM CU สำหรับมิตรภาพและน้ำใจในทุกช่วงเวลา

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

บทที่	หน้า
ทศัตถ์ย่อภาษาไทย.....	ง
บทศัตถ์ย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฏ
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการศีกษาวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.4 วิธีการวิจัย.....	4
1.5 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ทฤษฎีโลกและดวงอาทิตย์.....	7
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์.....	13
2.3 การคำนวณปริมาณรังสีความร้อนโดยใช้รูปภาพ.....	18
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับท้องฟ้า.....	21
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
3. ระเบียบวิธีวิจัย.....	32
3.1 การจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	32
3.2 ขนาดพื้นที่ตั้งสำหรับแบบจำลองที่ดิน.....	37
3.3 แบบจำลองผังอาคารข้างเคียง.....	39
3.4 ชุดความสูงของแบบจำลองเพื่อการคำนวณปริมาณการมองเห็นท้องฟ้า และปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์.....	44
3.5 การตรวจสอบแบบจำลองที่ดินก่อนใช้งาน.....	48

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล .....	48
3.7 สรุปกระบวนการในขั้นตอนระเบียบวิธีวิจัย .....	68
4. ผลการศึกษา .....	69
4.1 การระบุปริมาณการมองเห็นท้องฟ้า .....	70
4.2 การวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ต่อพื้นที่จำลองในระนาบนอน .....	78
5. อภิปรายและสรุปผลการศึกษา .....	106
5.1 ผลสรุปปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยทั้งปีในระนาบทางนอน .....	106
5.2 ผลสรุปการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าที่มีผลต่อ ระดับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี .....	114
5.3 ผลสรุประดับความสูงต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ลงสู่พื้นที่ดินจำลอง ในระนาบทางนอน .....	120
5.4 ข้อเสนอแนะ .....	127
รายการอ้างอิง .....	129
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	131

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตาราง 2.1 ค่าเฉลี่ยรังสีดวงอาทิตย์ วัดที่กรมอุตุนิยมวิทยา ระหว่างปี 2507-2551.....	17
ตาราง 4.1 ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน.....	70
ตาราง 4.2 ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน.....	72
ตาราง 4.3 ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากรณีกรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน.....	74
ตาราง 4.4 ปริมาณการมองเห็น กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้าน.....	76
ตาราง 4.5 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารข้างเคียงประชิดที่ดินด้านทิศเหนือ.....	78
ตาราง 4.6 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารข้างเคียงประชิดที่ดินด้านทิศตะวันออก.....	80
ตาราง 4.7 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินด้านทิศใต้.....	82
ตาราง 4.8 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินด้านทิศตะวันตก.....	84
ตาราง 4.9 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดินทิศเหนือ-ใต้.....	86
ตาราง 4.10 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดินทิศตะวันออก-ตะวันตก.....	88
ตาราง 4.11 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน 2 ด้านทิศเหนือ-ตะวันออก.....	90
ตาราง 4.12 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน 2 ด้านทิศตะวันออก-ใต้.....	92
ตาราง 4.13 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน 2 ด้านทิศตะวันตก-เหนือ.....	94
ตาราง 4.14 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน 2 ด้านทิศตะวันตก-เหนือ.....	96
ตาราง 4.15 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศเหนือ.....	98
ตาราง 4.16 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศตะวันออก.....	100

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ตาราง 4.17 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศใต้.....	102
ตาราง 4.18 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศตะวันตก.....	104
ตาราง 5.1 แสดงรูปแบบสมการพยากรณ์ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ในระนาบทางนอน กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินจากการวิเคราะห์โดยสมการถดถอยเชิงเส้น.....	114
ตาราง 5.2 แสดงรูปแบบสมการพยากรณ์ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ในระนาบทางนอนกรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดินจากการวิเคราะห์ โดยสมการถดถอยแบบเชิงเส้น.....	119
ตาราง 5.3 แสดงรูปแบบสมการพยากรณ์ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีในระนาบทางนอน กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน จากการวิเคราะห์โดยสมการ ถดถอยแบบเชิงเส้น.....	117
ตาราง 5.4 แสดงรูปแบบสมการพยากรณ์ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ในระนาบทางนอน กรณีที่ดินติดกับแนวผนังอาคารข้างเคียง 2 ด้านประชิด จากการวิเคราะห์โดยสมการ ถดถอยแบบเชิงเส้น.....	119
ตาราง 5.5 การเปรียบเทียบปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในระนาบทางนอน ของขนาดที่ดิน 20x20 เมตร ที่มีแนวอาคารขนาดใหญ่ประชิดที่ดินซึ่งส่งผลกระทบ มากที่สุดในแต่ละกรณี.....	125

## สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงเหตุที่เกิดกลางวันและกลางคืน.....	6
รูปที่ 2.2 แสดงแกนโลกเอียง $23.5^{\circ}$ ขณะโคจรรอบดวงอาทิตย์ และแสดงตำแหน่งของโลกที่หมุนรอบดวงอาทิตย์ใน 1 ปี.....	7
รูปที่ 2.3 แสดงระนาบของเส้นสุริยวิถีทำมุม $23.5^{\circ}$ กับระนาบวงโคจรรอบดวงอาทิตย์.....	7
รูปที่ 2.4 แสดงเส้นสุริยวิถีเอียงทำมุมกับเส้นศูนย์สูตรฟ้า ทำให้เรามองเห็นดวงอาทิตย์ขึ้น-ตก ก่อนไปทางเหนือหรือใต้ในรอบปี.....	8
รูปที่ 2.5 แสดงทางเดินของดวงอาทิตย์.....	9
รูปที่ 2.6 แสดง Zenith, Horizon, Meridian Solar Noon.....	10
รูปที่ 2.7 แสดง Altitude & Azimuth.....	10
รูปที่ 2.8 แสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์เมื่อเวลาใกล้เที่ยงของวัน Equinoxes.....	11
รูปที่ 2.9 แสดง Altitudes เวลาเที่ยงของวันที่เป็นสมดุลง ที่เส้นรุ้ง $0^{\circ}$ $14^{\circ}$ เหนือ และ $20^{\circ}$ ใต้.....	12
รูปที่ 2.10 แสดงมุมเอียง (Declination) ของดวงอาทิตย์.....	12
รูปที่ 2.11 ผลรวมปริมาณรังสีความร้อนรวมทั้งหมดที่รวมการแผ่รังสีจากแหล่งต่างๆเกิดขึ้น.....	15
รูปที่ 2.12 แผนที่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยปี 2542.....	16
รูปที่ 2.13 ผลรวมปริมาณรังสีความร้อนรวมทั้งหมดที่รวมการแผ่รังสีจากแหล่งต่างๆเกิดขึ้น.....	17
รูปที่ 2.14 Viewshed Calculation.....	18
รูปที่ 2.15 Sunmap Calculation.....	19
รูปที่ 2.16 Skymap Calculation.....	20
รูปที่ 2.17 ท้องฟ้า Overlay of viewshed with sunmap and skymap.....	20
รูปที่ 2.18 Sky Distribution.....	21
รูปที่ 2.19 โดมท้องฟ้าจำลองเครื่องวงกลมในโปรแกรม Ecotect.....	22
รูปที่ 2.20 โดมท้องฟ้าจำลองเครื่องวงกลมในโปรแกรม Google SketchUp : Plug in Sun tool V2.0.....	22
รูปที่ 2.21 โดมท้องฟ้าตามทฤษฎีของ Tregenza.....	23
รูปที่ 2.22 มุมบดบังแสงธรรมชาติของส่วนอาคารข้างเคียงที่เกินแนวเส้น 25 องศา.....	24
รูปที่ 2.23 การใช้เส้นปราศจากอาคารประเมินผลกระทบของแสงธรรมชาติต่อพื้นที่ภายในห้อง.....	25
รูปที่ 2.24 แบบจำลองกลุ่มอาคารแท่งคอนกรีต.....	26

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 2.25 แบบจำลองการศึกษาเรื่องมุมการถูกดบังที่เหมาะสม ต่อปริมาณแสงธรรมชาติและการใช้พลังงานแสงอาทิตย์.....	27
รูปที่ 2.26 การจำลองสภาพตามทฤษฎี Solar Envelope ของ Knowles.....	28
รูปที่ 2.27 แบบจำลองสภาพเมืองในงานวิจัย.....	29
รูปที่ 2.28 แบบจำลองสภาพเมืองในงานวิจัย.....	29
รูปที่ 2.29 การสร้างแบบจำลองการวัดพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากเงอาคารข้างเคียง.....	31
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างอาคารที่มีผังแบบแท่งตัวไอ (I).....	33
รูปที่ 3.2 ผังอาคารแบบแท่งตัวไอ (I).....	33
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างอาคารที่มีผังแบบแท่งตัวแอล (L).....	34
รูปที่ 3.4 ผังอาคารแบบแท่งตัวแอล (L).....	34
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างอาคารที่มีผังแบบแท่งตัวแซด (Z).....	35
รูปที่ 3.6 ผังอาคารแบบแท่งตัวแซด (Z).....	35
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างอาคารที่มีผังแบบแท่งตัวยู (U).....	36
รูปที่ 3.8 ผังอาคารแบบแท่งตัวยู (U).....	36
รูปที่ 3.9 แบบจำลองความสูงอาคารข้างเคียงที่ดิน ทั้ง 3 ด้าน.....	37
รูปที่ 3.10 รูปด้านแสดงที่ดินที่มีแนวอาคารข้างเคียงประชิดในแต่ละด้านโดยมีความสูงที่ต่างกัน.....	38
รูปที่ 3.11 ที่ดินติดกับแนวผังอาคารข้างเคียงด้านทิศเหนือ.....	39
รูปที่ 3.12 ที่ดินจำลองติดกับแนวผังอาคารข้างเคียงด้านทิศตะวันออก.....	39
รูปที่ 3.13 ที่ดินจำลองติดกับแนวผังอาคารข้างเคียงด้านทิศใต้.....	40
รูปที่ 3.14 ที่ดินติดกับแนวผังอาคารข้างเคียงด้านทิศตะวันตก.....	40
รูป 3.15 ที่ดินติดกับแนวอาคารข้างเคียง 2 ด้านตรงข้ามกันชนาบที่ดิน ด้านทิศเหนือ-ใต้.....	40
รูป 3.16 ที่ดินติดกับแนวอาคารข้างเคียง 2 ด้านชนาบที่ดิน ด้านทิศตะวันออก-ตะวันตก.....	41
รูป 3.17 ที่ดินมีแนวผนังอาคารข้างเคียง 2 ด้านประชิดด้านทิศเหนือ-ตะวันออก.....	41
รูป 3.18 ที่ดินมีแนวผนังอาคารข้างเคียง 2 ด้านประชิดด้านทิศตะวันออก-ใต้.....	41
รูป 3.19 ที่ดินมีแนวผนังอาคารข้างเคียง 2 ด้านประชิดด้านทิศใต้-ตะวันตก.....	42
รูป 3.20 ที่ดินมีแนวผนังอาคารข้างเคียง 2 ด้านประชิดด้านทิศตะวันตก-เหนือ.....	42
รูป 3.21 ที่ดินมีแนวผนังอาคารล้อมรอบ 3 ด้านโดยมีด้านหน้าโล่ง 1 ด้านทางทิศเหนือ.....	42
รูป 3.22 ที่ดินมีแนวผนังอาคารล้อมรอบ 3 ด้านโดยมีด้านหน้าโล่ง 1 ด้านทางทิศตะวันออก.....	43

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูป 3.23 ที่ดินมีแนวผนังอาคารล้อมรอบ 3 ด้านโดยมีด้านหน้าโล่ง 1 ด้านทางทิศใต้.....	43
รูป 3.24 ที่ดินมีแนวผนังอาคารล้อมรอบ 3 ด้านโดยมีด้านหน้าโล่ง 1 ด้านทางทิศตะวันตก.....	43
รูปที่ 3.25 แบบจำลองแนวอาคารข้างเคียง.....	44
รูปที่ 3.26 แบบจำลองแนวอาคารข้างเคียง 3 ด้านติดพื้นที่ดิน.....	44
รูปที่ 3.27 ที่ดินและอาคารข้างเคียงมีขนาดความยาวเปลี่ยนแปลง.....	45
รูปที่ 3.28 ที่ดินและอาคารข้างเคียงมีขนาดความยาวเปลี่ยนแปลง.....	46
รูปที่ 3.29 ที่ดินและอาคารข้างเคียงมีขนาดความยาวเปลี่ยนแปลง.....	46
รูปที่ 3.30 ที่ดินและอาคารข้างเคียงมีขนาดความยาวเปลี่ยนแปลง.....	47
รูปที่ 3.31 หน้าจอการเริ่มใช้งานโปรแกรม.....	49
รูปที่ 3.32 ตำแหน่งโหมดการใช้งาน Plug in Solar tool.....	50
รูปที่ 3.33 แบบจำลองที่ดินขนาด 20x20 เมตร.....	50
รูปที่ 3.34 ตำแหน่งแนวอาคารข้างเคียงที่ดิน.....	51
รูปที่ 3.35 มุมมองของแบบจำลอง 3 มิติที่มองจากด้านบน.....	51
รูปที่ 3.36 หน้าจอเมื่อเข้าโหมดการกำหนดขนาดของโคมที่องฟ้าสำหรับที่ดินจำลอง.....	52
รูปที่ 3.37 มุมมองของแบบจำลอง 3 มิติที่มองจากด้านบน.....	53
รูปที่ 3.38 มุมมองของแบบจำลอง 3 มิติที่มองจากด้านบน.....	53
รูปที่ 3.39 มุมมองของแบบจำลอง 3 มิติที่มองจากด้านบน.....	53
รูปที่ 3.40 มุมมองของแบบจำลอง 3 มิติที่มองจากระดับสายตา.....	54
รูปที่ 3.41 โหมดการคำนวณ Sky View.....	54
รูปที่ 3.42 การเลือกโหมดการคำนวณ Visible Sky.....	55
รูปที่ 3.43 การกำหนดขนาด Scale ของโคมที่องฟ้า.....	55
รูปที่ 3.44 มุมมองของแบบจำลอง 3 มิติที่มองจากด้านบน.....	56
รูปที่ 3.45 มุมมองของแบบจำลอง 3 มิติ.....	56
รูปที่ 3.46 การกำหนดตำแหน่งการมองที่องฟ้าจากฝั่งที่ดิน.....	57
รูปที่ 3.47 การกำหนดขนาดของโคมที่องฟ้าให้แบบจำลอง.....	57
รูปที่ 3.48 มุมมองของแบบจำลอง 3 มิติที่มองจากที่ดิน.....	58
รูปที่ 3.49 การปรับการแสดงผลรูปแบบการมองที่องฟ้าขึ้นด้านบน.....	58
รูปที่ 3.50 เมื่อการคำนวณปริมาณการมองเห็นที่องฟ้าเสร็จสมบูรณ์.....	59

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 3.51 การตรวจสอบมุมมองของท้องฟ้ากับแบบจำลองอาคาร.....	59
รูปที่ 3.52 ตำแหน่งที่กำหนดให้วัดปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าอยู่กึ่งกลางที่ดิน.....	60
รูปที่ 3.53 รูปแบบการเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม.....	61
รูปที่ 3.54 การสร้างแบบจำลองแนวอาคาร.....	62
รูปที่ 3.55 การป้อนข้อมูลสภาพอากาศของแบบจำลอง.....	62
รูปที่ 3.56 การกำหนดขนาด GRID ในการคำนวณ.....	63
รูปที่ 3.57 การเลือกการคำนวณ.....	63
รูปที่ 3.58 การเลือกโปรแกรมเพื่อการคำนวณในหมวดSolar Access.....	64
รูปที่ 3.59 การเลือกช่วงเวลาการคำนวณ.....	64
รูปที่ 3.60 การแสดงข้อมูลช่วงเวลาที่กำหนด.....	65
รูปที่ 3.61 การระบุค่าข้อมูลเพื่อการคำนวณ.....	65
รูปที่ 3.62 การระบุการคำนวณสำหรับวัตถุที่เลือกไว้.....	66
รูปที่ 3.63 การสรุปข้อมูลก่อนการประมวลผลขั้นสุดท้าย.....	66
รูปที่ 3.64 การรายงานข้อมูลการคำนวณ.....	67
รูปที่ 3.65 ผลการคำนวณ.....	67
รูปที่ 3.66 กระบวนการขั้นตอนระเบียบวิธีวิจัย.....	68
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากรณีผนังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน.....	71
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากรณีผนังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน.....	73
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงปริมาณการมองเห็นท้องฟ้า กรณีผนังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน.....	75
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าถึงกรณีผนังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดิน 3 ด้านโดยเปิดโล่ง 1 ด้าน.....	77
รูปที่ 4.5 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผนังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินทิศเหนือ.....	79
รูปที่ 4.6 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผนังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน ทิศตะวันออก.....	81
รูปที่ 4.7 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผนังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินทิศใต้.....	83

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.8 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินทิศตะวันตก.....	85
รูปที่ 4.9 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน ทิศเหนือ-ใต้.....	87
รูปที่ 4.10 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน ทิศตะวันออก-ตะวันตก.....	89
รูปที่ 4.11 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ด้านทิศเหนือ-ตะวันออก.....	91
รูปที่ 4.12 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ด้านทิศตะวันออก-ใต้.....	93
รูปที่ 4.13 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ด้านทิศใต้-ตะวันตก.....	95
รูปที่ 4.14 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ทิศตะวันตก-เหนือ.....	97
รูปที่ 4.15 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศเหนือ.....	99
รูปที่ 4.16 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศ ตะวันออก.....	101
รูปที่ 4.17 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศใต้.....	103
รูปที่ 4.18 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศตะวันตก.....	105
รูปที่ 5.1 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย ทั้งปีของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินทิศตะวันออก.....	107
รูปที่ 5.2 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย ทั้งปีของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินทิศตะวันออก.....	107
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งปีของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินทิศใต้.....	108

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินทิศตะวันตก.....	108
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดินทิศเหนือ-ใต้	109
รูปที่ 5.6 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน ทิศตะวันออก-ตะวันตก.....	109
รูปที่ 5.7 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ด้านทิศเหนือ-ตะวันออก.....	110
รูปที่ 5.8 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ด้านทิศตะวันออก-ใต้.....	110
รูปที่ 5.9 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ด้านทิศใต้-ตะวันตก.....	111
รูปที่ 5.10 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ด้านทิศตะวันตก-เหนือ.....	111
รูปที่ 5.11 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดิน 20x20 ม. กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศเหนือ.....	112
รูปที่ 5.12 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดิน 20x20 ม. กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศตะวันออก.....	112
รูปที่ 5.13 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดิน 20x20 ม. กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศใต้.....	113
รูปที่ 5.14 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดิน 20x20 ม. กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศตะวันตก.....	113



## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 5.15 กราฟแสดงปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดิน 20x20 ม.กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน.....	114
รูปที่ 5.16 กราฟแสดงปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดิน 20x20 ม.กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน.....	116
รูปที่ 5.17 กราฟแสดงปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดิน 20x20 ม.กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน.....	117
รูปที่ 5.18 กราฟแสดงปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดิน 20x20 ม.กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่ง 1 ด้าน.....	118
รูปที่ 5.19 กราฟแสดงปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดิน 20x20 ม. กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน.....	121
รูปที่ 5.20 กราฟแสดงปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดิน 20x20 ม. กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน.....	122
รูปที่ 5.21 กราฟแสดงปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดิน 20x20 ม. กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน.....	123
รูปที่ 5.22 กราฟแสดงปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดิน 20x20 ม. ของที่ดิน 20x20 ม.กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่ง 1 ด้าน.....	124

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การสร้างความรู้ความเข้าใจในเรื่องปริมาณพลังงานที่เกิดจากรังสีดวงอาทิตย์ตกลงสู่พื้นที่อาคารนั้น ถือเป็นความรู้ที่สำคัญประการหนึ่งสำหรับสถาปนิก วิศวกร รวมถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการออกแบบอาคาร เนื่องจากข้อมูลที่ได้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเพื่อการออกแบบ เช่น การคาดการณ์ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคารผ่านทางเปลือกอาคารซึ่งส่งผลต่อการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศหรือการประเมินศักยภาพของพลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานทางเลือกซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการอนุรักษ์พลังงานให้แก่อาคาร

เมื่อพิจารณาถึงสาเหตุที่ทำให้ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงนั้น จะพบว่ามีอยู่ 2 ประการ ประการแรกได้แก่ความแตกต่างด้านธรรมชาติของที่ตั้งอันเนื่องมาจากพิกัดทางภูมิศาสตร์ ฤดูกาลและช่วงเวลา ประการต่อมาเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของสภาพพื้นที่ตั้งซึ่งได้แก่สภาพเมืองที่แออัดและหนาแน่นขึ้นด้วยกลุ่มอาคารจำนวนมากที่เพิ่มปริมาณตามการเจริญเติบโตของเมืองรวมถึงรูปแบบอาคารที่แตกต่างในด้านความสูงซึ่งส่งผลต่อการบดบังพื้นที่ในการมองเห็นท้องฟ้า ปัจจัยทางกายภาพเหล่านี้ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของปริมาณรังสีที่ได้รับจากดวงอาทิตย์

ในส่วนของการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความร้อนรังสีดวงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นแก่ตัวอาคารหรือเมืองนั้น พบว่ามีการศึกษาที่สำคัญหลายเรื่องในงานวิจัยต่างประเทศ อาทิเช่น

Danny H.W.LI (2009) ได้ศึกษาในเรื่องความหนาแน่นของกลุ่มอาคารที่ส่งผลกระทบต่อการใช้ปริมาณรังสีความร้อนดวงอาทิตย์ ผลกระทบด้านความสว่าง การเปลี่ยนแปลงด้านสภาพแวดล้อมของเมืองอันมีผลจากสภาวะเกาะร้อน

Sarkar, Arunar (2009) ได้ศึกษาแบบจำลองรูปทรงอาคารในเชิงกายภาพของพื้นที่เมืองที่มีผลกระทบต่อการใช้ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ โดยในการศึกษาได้ใช้ทฤษฎีของ Knowles เรื่อง Solar Envelope เพื่อคาดการณ์อาคารซึ่งโดนผลกระทบจากอาคารข้างเคียงที่ติดกัน และส่งผลให้ศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ลดน้อยลง

Huang ,Yuan et al. (2009) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดวางรูปทรงอาคารจากแบบจำลองที่มีผลต่อสภาวะอากาศรอบตัวอาคารโดยการศึกษาได้วิเคราะห์ให้เห็นถึงปริมาณพื้นที่และเวลาที่ผนังอาคารในแต่ละด้านจะได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์

Vicky Cheng (2006) ศึกษาเกี่ยวกับความหนาแน่นของกลุ่มอาคารที่มีการจัดวางรูปทรงต่างๆตามแบบจำลองเพื่อประเมินศักยภาพของแสงอาทิตย์ต่อตัวอาคารในย่านเมือง ภายใต้ข้อกำหนดเรื่องอัตราส่วนพื้นที่ก่อสร้างต่อพื้นที่ดิน F.A.R

Denise Duarte, Rafael Brando and Alessandra Prada (2004) ได้ศึกษากฎหมายอาคารเรื่องระยะร่นระหว่างอาคารที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม โดยเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้ทำการศึกษาในประเด็นกฎหมายที่ควบคุมระยะร่นของอาคารจากแนวที่ดิน (Set Back) ที่ติดกันว่าจะส่งผลต่อการได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เช่นไรหากมีการบดบังกัน โดยผลการศึกษาได้อธิบายถึงมุมที่ถูกบดบังจากอาคารข้างเคียง ซึ่งสัมพันธ์กับโอกาสในการมองเห็นท้องฟ้าและการได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ และผลสรุปการศึกษาได้เสนอเกณฑ์เพื่อพิจารณาสัดส่วนระยะห่างของอาคารข้างเคียงกับมุมบดบังที่เหมาะสมเพื่อนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อในข้อกำหนดเรื่องระยะของกฎหมายอาคารประเทศบราซิล

Hannah Muller (2009) ได้เสนอผลการศึกษาเป็นรายงานข้อเสนอแนะแก่รัฐ Denver โดยเสนอให้มีการออกกฎควบคุมพื้นที่ก่อสร้างอาคารใหม่ซึ่งเปิดโอกาสในการได้รับปริมาณแสงอาทิตย์ แก่ชุมชนโดยรอบ โดยยกตัวอย่างการศึกษาข้อบังคับด้าน Zoning ของรัฐอื่นๆที่มีการออกกฎเรื่อง สิทธิแห่งรังสี Solar Rights เป็นตัวอย่างข้อบังคับเพื่อให้เป็น มาตรฐานทัดเทียมกันเช่นเดียวกันกับรัฐอื่นๆ ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งปัจจุบันได้มีการรณรงค์เรื่องการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ของภาคครัวเรือนเป็นพลังงานสะอาดควบคู่ไปกับการเติบโตทางเศรษฐกิจของเมือง โดยเน้นไปยังภาคก่อสร้างที่มีการก่อสร้างใหม่ในเขตพื้นที่ที่อยู่ภายใต้กฎ Solar Rights

สำหรับประเทศไทยในการศึกษาเรื่องปริมาณพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคาร พบว่ามีการศึกษาที่เสนอผลด้านการวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นกับระนาบผิวของอาคารเพื่อประเมินระดับปริมาณในการนำมาประยุกต์ใช้เป็นพลังงานแก่อาคารซึ่งได้แก่งานศึกษาของพรทิพย์ สมฤทธิ และพรทิพย์ เอมมัส (2549) ซึ่งสรุปปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในระนาบทางตั้ง ของประเทศไทยมีค่าเฉลี่ย 1.75 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี และระนาบทางนอนมีความเข้มรังสี 1.7 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี หรือในการศึกษาเรื่องเทคนิคการประเมินค่าส่องสว่างจากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ : กรณีศึกษากรุงเทพมหานคร (ทศพร นามเทพ, 2549) ก็ได้สร้างสมการจากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เพื่อทำนายความสว่างภายนอกอาคาร ในส่วนการศึกษาที่เกี่ยวข้องในเชิงกายภาพของเมืองกับการออกแบบจะพบว่ามีการศึกษาโดย ยิ่งสวัสดิ์ (2005) ซึ่งได้ศึกษาในส่วนปริมาณความสว่างที่เกี่ยวข้องไปสู่ปริมาณความร้อนของสภาพท้องถนนในเขตเมืองกรุงเทพมหานครที่เกิดจากปรากฏการณ์ Urban Canyon โดยผลศึกษาได้อธิบายถึงสภาพท้องถนนที่มีกลุ่มต้นไม้ และแนวแผงกันแดดริมทางที่ช่วยป้องกันปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์ หรือในกรณีการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากอาคารข้างเคียงนั้น พงงานของสุภาภา (2552) ซึ่งได้อธิบายถึงการเลือกรูปแบบการ

วิเคราะห์เงาอาคารข้างเคียงที่บังต่อพื้นที่โดยรอบโดยแสดงถึงปริมาณพื้นที่ที่ได้รับผลจากเงาอาคารบัง ซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวได้เสนอแนะให้ทำการศึกษาด้อยอดในเชิงคุณภาพของเงาบดบังที่เกิดจากอาคารข้างว่ามีผลดีผลเสียอย่างไร ซึ่งในประเด็นนี้พบว่าหากมีแนวอาคารข้างเคียงก่อสร้างประชิดที่ดิน จะส่งผลกระทบต่อด้านการสูญเสียโอกาสในการมองเห็นท้องฟ้าและผลที่ตามมา นอกเหนือจากเงานั้นคือการเปลี่ยนแปลงของปริมาณพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ต่อพื้นที่โดยรอบที่อยู่ภายใต้การถูกบัง

โดยสรุปเมื่อเปรียบเทียบงานวิจัยในประเทศไทยกับต่างประเทศในเรื่องปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่เชื่อมโยงกับเงื่อนไขทางกายภาพต่างๆ เช่น กฎหมายเรื่องระยะร่น (Set back) การเว้นระยะห่างระหว่างอาคารที่มีผลต่อการสูญเสียโอกาสในการมองเห็นท้องฟ้า (Visible Sky) หรือการเข้าถึงแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ (Solar Access) แล้ว จะพบว่ายังไม่มีการศึกษาในประเด็นนี้ ซึ่งแม้ว่าจะได้มีการศึกษาในงานของทฤษฎีที่ได้มีการศึกษาก่อนหน้านี้ ก็จะเป็นการศึกษาโดยใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลจากสภาพอากาศ และทำการสรุปสมการพยากรณ์ปริมาณความสว่าง แต่หากมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของบริเวณที่วัดปริมาณนั้น ปริมาณความสว่างและปริมาณรังสีดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงไปเท่าใดในการศึกษาก็มิได้ระบุไว้

การศึกษานี้จึงได้ขอสรุปว่า ยังคงมีประเด็นสำคัญที่สามารถทำการศึกษาต่อได้ในเรื่องปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเน้นในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของที่ตั้งซึ่งมีอาคารขนาดใหญ่บัง จะส่งผลเช่นไรต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยรวม ซึ่งแนวทางที่ใช้ศึกษาครั้งนี้จะใช้แนวทางเดียวกับการศึกษาในต่างประเทศ คือการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของโอกาสในการมองเห็นท้องฟ้าที่เกิดจากการประชิดและบังจากอาคารข้างเคียงต่อพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับตลอดทั้งปี โดยรูปแบบการศึกษาดังกล่าวจะช่วยอธิบายได้ถึงผลของการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนดของกฎหมายเรื่องระยะห่างของอาคารขนาดใหญ่ที่ตั้งห่างจากแนวเขตที่ดินขั้นต่ำ 6 เมตร อันจะมีผลต่อความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์

โดยผลการศึกษาที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นข้อมูลใหม่ เพื่อนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลในการออกแบบทางด้านสถาปัตยกรรมแก่นักออกแบบ วิศวกรและผู้เกี่ยวข้องเพื่อช่วยในการประเมิน วิเคราะห์ ซัดความสามารถการออกแบบอาคารเพื่อนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เพิ่มประสิทธิภาพให้แก่อาคารภายใต้แม้จะได้รับผลกระทบจากการที่มีอาคารข้างเคียงบัง

## 1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษาวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาผลกระทบจากอาคารข้างที่มีผลต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่ดิน
- 2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงอาคารกับปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าที่ส่งผลกระทบต่อได้รับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์

- 3) เพื่อพัฒนางานวิจัยให้เหมาะสมกับเทคโนโลยีการออกแบบเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบ

### 1.3 ขอบเขตการวิจัย

- 1) ศึกษากฎหมายที่บังคับใช้ในการออกแบบอาคารซึ่งได้แก่
  - กฎกระทรวงฉบับที่ 33 กำหนดไว้ โดย\*\*ข้อ 4 ส่วนที่เป็นขอบเขตนอกสุดของอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ ไม่ว่าจะอยู่ในระดับเหนือพื้นดินหรือต่ำกว่าระดับพื้นดินต้องห่างจากเขตที่ดินของผู้อื่นหรือถนนสาธารณะไม่น้อยกว่า 6.00 เมตร ทั้งนี้ ไม่รวมถึงส่วนที่เป็นรากฐานของอาคาร ศึกษาด้วยการจำลองที่ดินขนาด 20x20 เมตร เป็นเกณฑ์ประเมินผลกระทบจากแนวผนังอาคารข้างเคียงที่ก่อสร้างประชิด
- 2) ศึกษารูปแบบอาคารข้างเคียงขนาดใหญ่ที่ปลูกสร้างประชิดที่ดินเป็นอาคารประเภทอาคารชุดพักอาศัย เนื่องจากมีรูปแบบผังอาคารที่ไม่ซับซ้อนสามารถจำแนกประเภทได้แก่ อีกทั้งอาคารดังกล่าวเป็นรูปแบบอาคารที่มีแนวโน้มในการก่อสร้างเพิ่มขึ้น และเป็นประเภทอาคารที่ต้องทำรายงานผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เพื่อพิจารณาผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียง
- 3) ทำการศึกษาด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ เนื่องจากสามารถสร้างแบบจำลองตามที่กำหนดไว้ซึ่งจะช่วยให้การรวบรวมผลได้ภายในเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งหากใช้กรณีอาคารจริงจะต้องใช้เวลาในการรวบรวมผลในเวลานานมากขึ้น
- 4) การคำนวณปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์จะระบุเป็นพลังงานโดยเฉลี่ยทั้งปีในหน่วย กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปีที่วัดในระนาบทางนอน ไม่คำนวณในแต่ละฤดูกาลหรือเฉพาะวันใดวันหนึ่ง

### 1.4 วิธีการวิจัย

- 1) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์จากงานวิจัยต่างๆ รวมถึงวิเคราะห์แนวคิดด้านผลกระทบของอาคารข้างเคียงที่ส่งผลต่อพื้นที่โดยรอบ
- 2) วิเคราะห์รูปแบบอาคารข้างเคียงที่มีผลต่อปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าและโอกาสในการได้รับรังสีดวงอาทิตย์เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นพลังงานทางเลือก
- 3) ศึกษาวิธีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าอันเนื่องจากการถูกบดบังจากอาคารข้างเคียงและการได้รับพลังงานแสงอาทิตย์

- 4) วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษาดูด้วยการจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของรูปแบบอาคารข้างเคียงที่มีผลต่อปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าและปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์

### 1.5 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เสนอข้อมูลวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์จากผลกระทบจากอาคารข้างเคียงในรูปแบบต่างๆ
- 2) เสนอแนวทางการพิจารณาประเด็นผลกระทบจากการก่อสร้างอาคารต่อสภาพแวดล้อมทางด้านพลังงาน
- 3) เพื่อพัฒนางานวิจัยให้เหมาะสมกับเทคโนโลยีการออกแบบเพื่อเป็นฐานข้อมูลในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎีโลกและดวงอาทิตย์

##### 2.1.1 กลางวันและกลางคืน

ภายในหนึ่งวัน จะมีทั้งหมด 24 ชั่วโมง แบ่งออกเป็น กลางวัน 12 ชั่วโมง และกลางคืน 12 ชั่วโมง โดยชั่วโมงแรกของวันจะเริ่มที่ตอนเที่ยงคืน หรือ 00.00 นาฬิกา โลกเป็นบริวารของดวงอาทิตย์ โดยโลกจะหมุนรอบดวงอาทิตย์เป็นเวลา 365 วัน หรือ 1 ปี ในขณะที่เดียวกันโลกจะหมุนรอบตัวเองโดยกินเวลา 24 ชั่วโมง จึงส่งผลให้ด้านที่โดนแสงจะเป็นเวลากลางวัน ส่วนด้านที่ไม่โดนแสงจะเป็นเวลากลางคืน เมื่อโลกหมุนไปเรื่อยๆ ด้านที่ไม่โดนแสงหรือกลางคืนจะค่อยๆ หมุนเปลี่ยนมาจนกลายมาเป็นกลางวัน เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า กลางวันและกลางคืน (ปรีชญา รังสิรักษ์, 2545: 9-2)

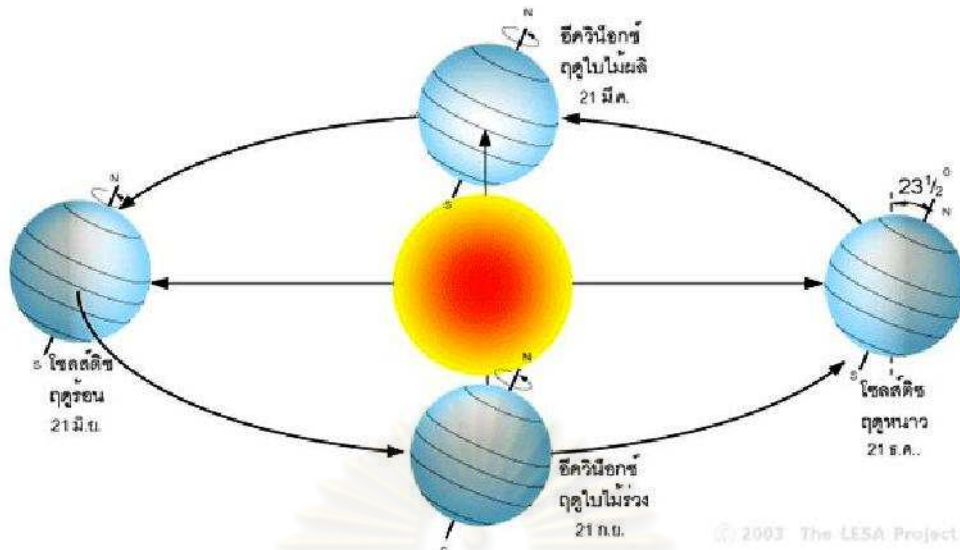


รูปที่ 2.1 แสดงเหตุที่เกิดกลางวัน และกลางคืน

ที่มา : ภูมิอากาศชั้นสูง, หน้า 9-2

##### 2.1.2 สุริยวิถีและวันวันสำคัญทั้ง 4 ที่เกิดจากการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

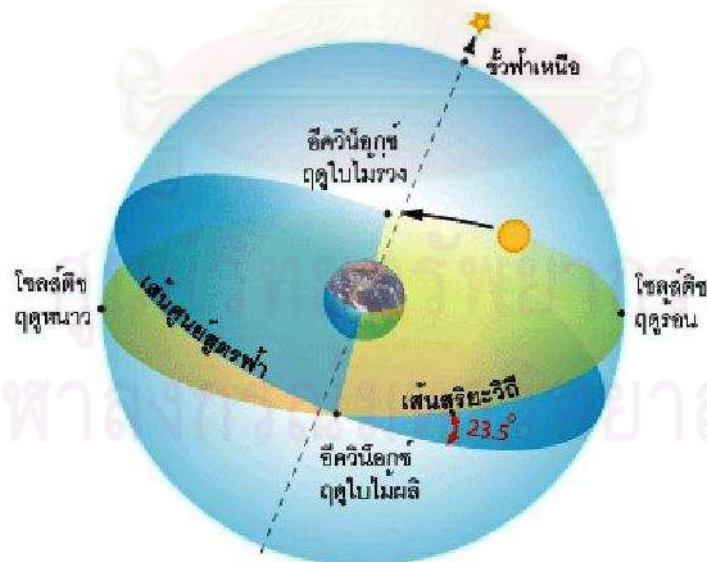
โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นรูปวงรี โดยที่แกนของโลกเอียง  $23.5^\circ$  ในฤดูร้อนโลกเอียงซีกเหนือเข้าหาดวงอาทิตย์ ทำให้ซีกโลกเหนือกลายเป็นฤดูร้อน และซีกโลกใต้กลายเป็นฤดูหนาว ในเวลาหกเดือนต่อมาโลกโคจรไปอยู่อีกด้านหนึ่งของวงโคจร โลกเอียงซีกใต้เข้าหาดวงอาทิตย์ (แกนของโลกเอียง  $23.5^\circ$  คงที่ตลอดปี) ทำให้ซีกโลกใต้กลายเป็นฤดูร้อน และซีกโลกเหนือกลายเป็นฤดูหนาว ดังแสดงในรูปภาพที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงแกนโลกเอียง  $23.5^\circ$  ขณะโคจรรอบดวงอาทิตย์ และแสดงตำแหน่งของโลกที่หมุนรอบดวงอาทิตย์ใน 1 ปี

ที่มา : <http://www.eletron.rmutphysics.com>

แกนของโลกเอียง  $23.5^\circ$  ขณะที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ ทำให้ระนาบวงโคจรของโลก (เส้นสุริยะวิถี) ทำมุมกับ ระนาบของเส้นศูนย์สูตรฟ้า เป็นมุม  $23.5^\circ$  ดังแสดงในรูปที่ 3

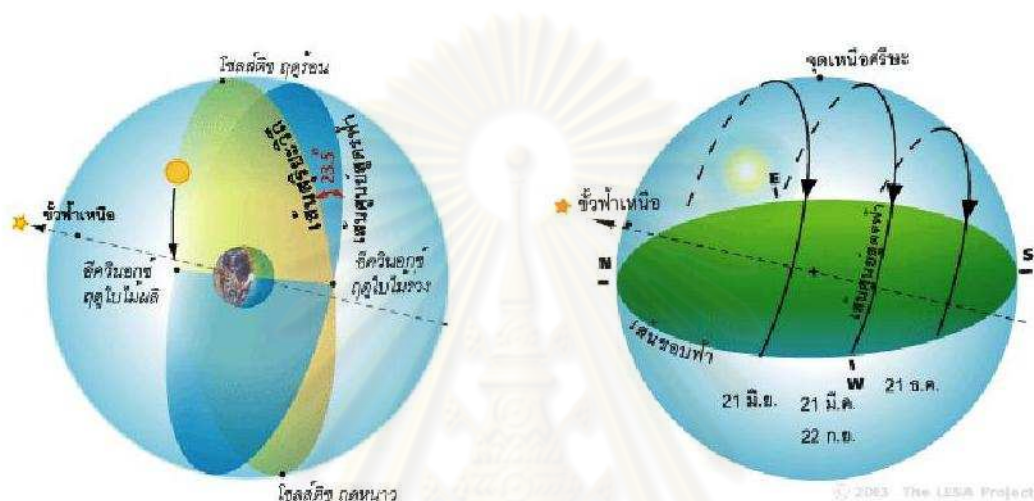


รูปที่ 2.3 แสดงระนาบของเส้นสุริยะวิถีทำมุม  $23.5^\circ$  กับระนาบวงโคจรรอบดวงอาทิตย์

ที่มา : <http://www.eletron.rmutphysics.com>



เราเรียกจุดที่ระนาบทั้งสองตัดกันว่า อีควิน็อกซ์ (Equinox) โดยจะมีอยู่ด้วยกันสองจุด คือ อีควิน็อกซ์ฤดูใบไม้ผลิ (Vernal equinox) ประมาณวันที่ 21 มีนาคม และ อีควิน็อกซ์ฤดูใบไม้ร่วง (Autumnal equinox) ประมาณวันที่ 22 กันยายนของทุกปี ในวันที่ทั้งสองวันนี้ ทุกๆ แห่งบนโลกจะมีระยะเวลากลางวัน และกลางคืน 12 ชั่วโมงเท่าๆ กัน เราเรียก ตำแหน่งที่เส้นสุริยะวิถีอยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรฟ้าไปทางขั้วฟ้าเหนือมากที่สุดว่า โซลส์ติซฤดูร้อน (Summer solstice) ประมาณวันที่ 21 มิถุนายน และ เราเรียก ตามตำแหน่งที่เส้นสุริยะวิถีอยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรฟ้า ไปทางขั้วฟ้าใต้มากที่สุด เรียกว่า โซลส์ติซฤดูหนาว (Winter solstice) ประมาณวันที่ 21 ธันวาคมก่อนไปทางเหนือหรือใต้ในรอบปี



รูปภาพที่ 2.4 แสดงเส้นสุริยะวิถีเอียงทำมุมกับเส้นศูนย์สูตรฟ้า ทำให้เรามองเห็นดวงอาทิตย์ขึ้น-ตก ก่อนไปทางเหนือหรือใต้ในรอบปี

ที่มา : <http://www.electron.rmutphysics.com>

ในทางปฏิบัติ เมื่อมองดูจากประเทศไทยที่อยู่บนซีกโลกเหนือ เราจะมองเห็นเส้นทางขึ้น-ตกของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า ดังรูปที่ 4

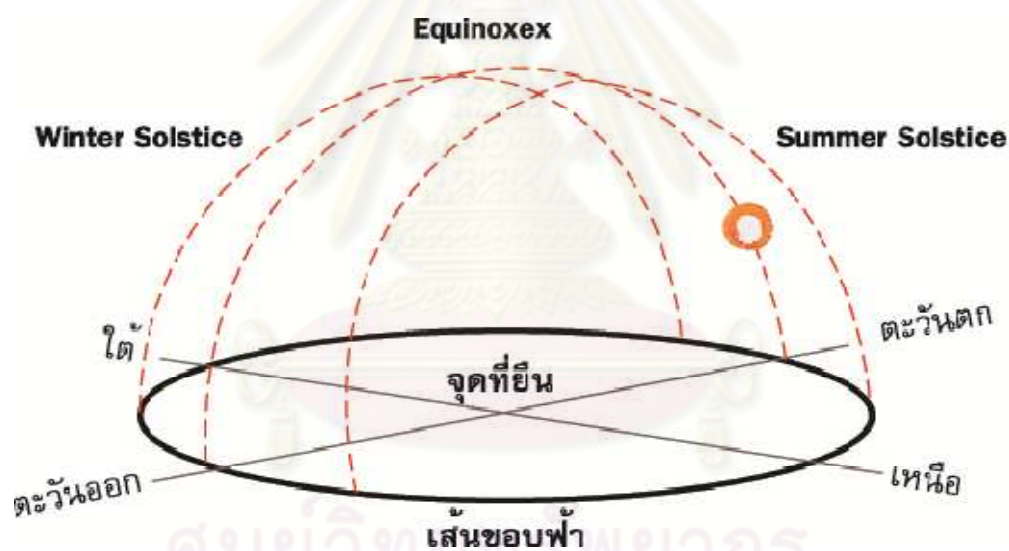
- 1) ดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออก และตกทางทิศตะวันตกพอดี ประมาณวันที่ 21 มีนาคม (Vernal equinox) ทำให้กลางวันและกลางคืนยาวนานเท่ากัน
- 2) ในฤดูร้อน ดวงอาทิตย์อยู่ก่อนไปทางทิศเหนือมากขึ้นในแต่ละวันและจะอยู่ก่อนไปทางทิศเหนือมากที่สุด ประมาณวันที่ 21 มิถุนายน (Summer Solstice) ดวงอาทิตย์ขึ้นเร็วและตกช้า ทำให้กลางวันยาวนานกว่ากลางคืน
- 3) หลังจากนั้นดวงอาทิตย์จะก่อนกลับมาทางทิศตะวันออกอีกครั้ง จนกระทั่งประมาณวันที่ 22 กันยายน (Winter Solstice) ดวงอาทิตย์จะขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตกพอดี ทำให้กลางวันและกลางคืนยาวนานเท่ากัน

4) ในฤดูหนาว ดวงอาทิตย์อยู่ก่อนไปทางทิศใต้มากขึ้นในแต่ละวันและจะอยู่ก่อนไปทางทิศใต้มากที่สุด ประมาณวันที่ 21 ธันวาคม (Winter Solstice) ซึ่งเป็นขณะที่ซีกโลกเหนือออกจากดวงอาทิตย์มากที่สุด ทำให้กลางวันยาวนานกว่ากลางคืน ดวงอาทิตย์ขึ้นช้าและตกเร็ว หลังจากนั้นก็จะอยู่ก่อนกลับมาทางทิศตะวันออกอีกเช่นเดิม

### 2.1.3 ทางเดินของดวงอาทิตย์และคำศัพท์วิชาการที่เกี่ยวข้อง

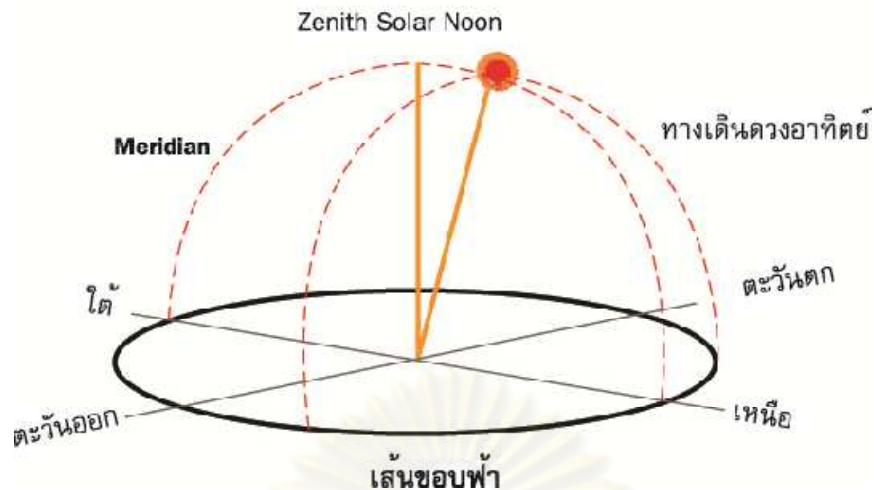
#### 1) ทางเดินของดวงอาทิตย์

การศึกษาเรื่องทางเดินของดวงอาทิตย์นั้น วิธีทำความเข้าใจอย่างง่ายก็คือ การสมมติตำแหน่งที่เรายืนว่าเป็นที่ราบรูปทรงกลม มีท้องฟ้าเป็นรูปครึ่งทรงกลมครอบอยู่ ดวงอาทิตย์เดินทางจากทิศตะวันออกโค้งขึ้นตามรูปโค้งของท้องฟ้าผ่านศีรษะและโค้งตกลงทางทิศตะวันตก ดังรูปภาพประกอบที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงทางเดินของดวงอาทิตย์

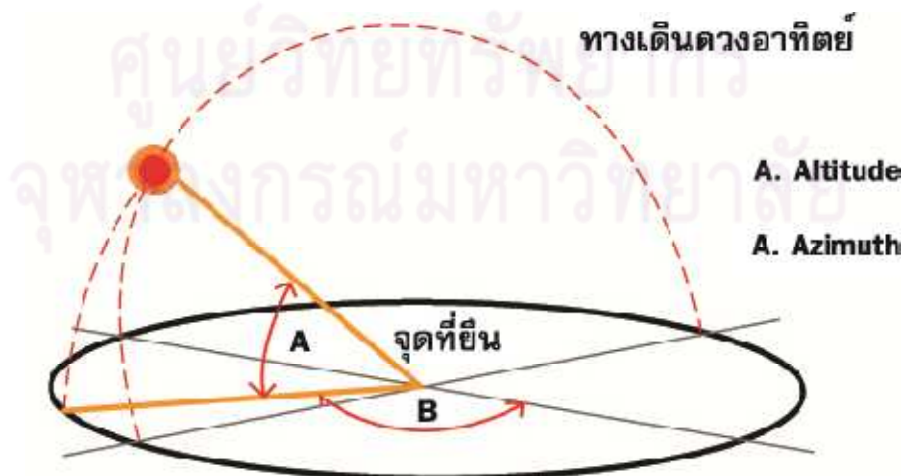
ที่มา : ภูมิอากาศชั้นสูง, หน้า 9-3



รูปที่ 2.6 แสดงทางเดินของดวงอาทิตย์แสดง Zenith, Horizon, Meridian Solar Noon  
ที่มา : ภูมิอากาศชั้นสูง, หน้า 9-4

อธิบายคำศัพท์ :

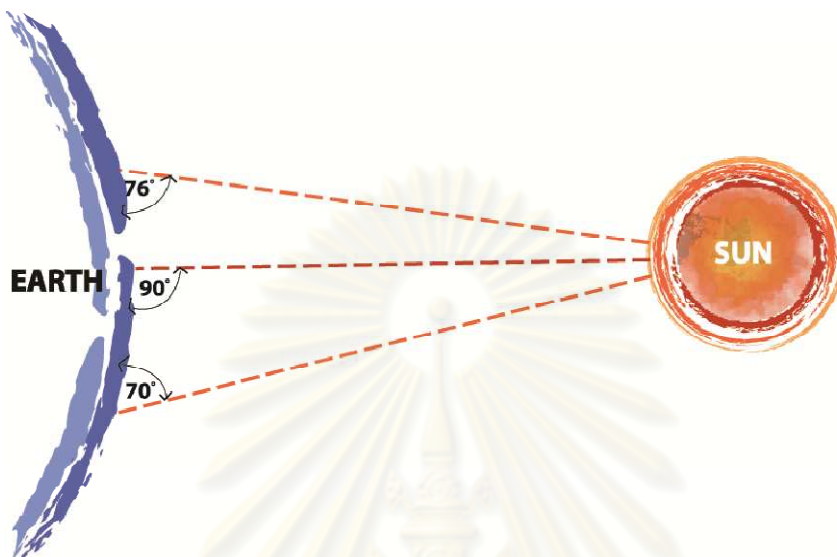
- เส้นขอบฟ้า (Horizon) คือ เส้นที่ท้องฟ้าจรดพื้นโดยรอบ
- Zenith คือ จุดที่ผู้มองยืนอยู่ ลากตรงขึ้นไปจุดขอบบนสุดของท้องฟ้า
- Meridian คือ เส้นโค้งที่ลากตามผิวโค้งจากทิศเหนือไปใต้
- Solar Noon คือ เวลาที่ดวงอาทิตย์ผ่านเส้น Meridian พอดี ซึ่งดวงอาทิตย์จะทำมุม กับพื้นโลกเป็นมุม สูงสุดในวันนั้น
- Altitude คือ มุมที่ดวงอาทิตย์ทำมุมกับพื้นราบ เป็นมุมระนาบตั้ง (Vertical Angle)
- Azimuth คือ มุมที่ดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากทิศเหนือเท่าใด เป็นมุมระนาบนอน (Horizontal Angle)



รูปที่ 2.7 แสดง Altitude & Azimuth  
ที่มา : ภูมิอากาศชั้นสูง, หน้า 9-4

2) เส้นรุ้งต่างกันทำให้ Altitude ต่างกัน

โดยเหตุที่โลกกลม ดังนั้นแม้จะเป็นเวลาเดียวกัน ดวงอาทิตย์ก็จะทำมุมกับผิวโลกแตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะสถานที่นั้นๆ อยู่ต่างเส้นรุ้ง(ขอให้สังเกตมุมที่ดวงอาทิตย์ทำกับพื้นโลกที่เส้นรุ้งต่างๆ) ดูรูปประกอบที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์เมื่อเวลาใกล้เที่ยงของวัน Equinoxes

ที่มา : ภูมิอากาศชั้นสูง, หน้า 9-5

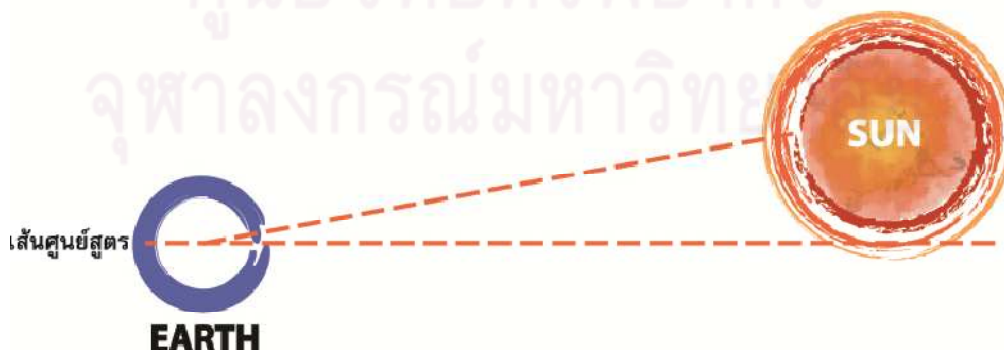
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้น ถ้าจะเขียนทางเดินของดวงอาทิตย์จะเห็นได้ว่า เมื่อวันที่เวลาเป็นสมจุดEquinoxes ซึ่งดวงอาทิตย์อยู่ตรงเส้นศูนย์สูตรพอดีนั้น ในเวลาที่เที่ยงวัน Altitude ที่เส้นรุ้ง 0° เท่ากับ 90° และเส้นรุ้งอื่นๆ Altitude จะเท่ากับ 90° ลบด้วยองศาของเส้นรุ้งนั้น



รูปที่ 2.9 แสดง Altitudes เวลาเที่ยงของวันที่เป็นสมจุด ที่เส้นรุ้ง 0° 14° เหนือ และ 20° ใต้  
ที่มา : ภูมิอากาศชั้นสูง, หน้า 9-5

มุมเอียง (Declination) คือ ความแตกต่างของ Noon Altitude ของดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นผลจากการที่ดวงอาทิตย์ เคลื่อนที่อยู่ในระหว่างเส้นทรอปิก Declination เมื่อวันที่เวลาเป็นสมจุด (Equinoxes) เท่ากับ 0° และเมื่อ 21 มิถุนายน และ 21 ธันวาคม (Summer และ Winter Solstices) เท่ากับ 22° 27' เหนือและใต้ข้อสังเกตว่าดวงอาทิตย์มีมุมDeclination อย่างไรก็คือ ถ้าเราเฝ้าดูดวงอาทิตย์ขึ้นจะพบว่าแต่ละเข้าดวงอาทิตย์ขึ้นจะไม่ซ้ำที่กัน แต่จะค่อยๆเปลี่ยนที่ไป ซึ่งถ้าเราเว้นระยะเป็นเดือนจะเห็นมีความแตกต่างชัดเจนยิ่งขึ้นและถ้าสังเกตดูต่อไปจะพบว่าพระอาทิตย์ขึ้นมาทางทิศตะวันออกก่อนไปทางทิศเหนือมา ที่สุดในวันที่ 21 มิถุนายนต่อจากนั้นจะค่อยๆ กลับลงทางใต้ จนกระทั่งขึ้นก่อนมาทางใต้มาที่สุดในวันที่ 21 ธันวาคม จึงจะเคลื่อนกลับไปทางเหนือใหม่ การที่ดวงอาทิตย์เปลี่ยนที่แต่ละวันนี้ เรียกว่า Declination



รูปที่ 2.10 แสดงมุมเอียง (Declination) ของดวงอาทิตย์  
ที่มา : ภูมิอากาศชั้นสูง, หน้า 9-6

2) คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับทางเดินของดวงอาทิตย์

- เส้นศูนย์สูตร (Equator) คือ เส้นสมมุติที่ลากรอบโลกผ่านกึ่งกลางระหว่างขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ แบ่งโลกออกเป็นซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้
- เส้นรุ้ง (Latitude) คือ เส้นสมมุติที่ลากรอบโลกขนานกับเส้นศูนย์สูตร แบ่งซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ ออกเป็น 90 องศาเท่าๆ กัน แต่ละองศาห่างกัน ไมล์ เส้นรุ้งนี้เริ่มนับ 0 องศาที่เส้นศูนย์สูตรและ 90 องศาที่ขั้วโลก
- เส้นทรอปิคออฟแคนเซอร์ (Tropic of Cancer) คือ เส้นสมมุติที่ลากรอบโลกทับเส้นรุ้ง 23 องศา ,30' เหนือ ซึ่ง ณ สถานที่แห่งนี้ ในวันที่ 21 มิถุนายน จะมีเวลากลางวันยาวที่สุดและเวลากลางคืนสั้นที่สุดในเวลาเพียงวันดวงอาทิตย์จะอยู่ตรงศีรษะพอดี
- เส้นทรอปิคออฟแคปรีคอร์น (Tropic of Capricorn) คือ เส้นสมมุติที่ลากรอบโลกทับเส้นรุ้ง 23 องศา ,30' ใต้ ซึ่ง ณ สถานที่แห่งนี้ ในวันที่ 22 ธันวาคม จะมีเวลากลางวันยาวนานที่สุดและเวลากลางคืนสั้นที่สุดในเวลาเพียงวันดวงอาทิตย์จะอยู่ตรงศีรษะพอดี
- วันที่เวลาเป็นสมดุล (Equinox) คือ วันที่ทุกๆ แห่งบนพื้นโลกมีระยะเวลากลางวันและกลางคือ 12 ชั่วโมงเท่าๆ กัน ในวันนี้แนวทางเดินของดวงอาทิตย์จะอยู่ตรงกับเส้นศูนย์สูตรพอดี นั่นคือวันที่ 21 มีนาคม ซึ่งเรียกว่า Spring Equinox และวันที่ 23 กันยายน ซึ่งเรียกว่า Autumn Equinox

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์

2.2.1 ความรู้เกี่ยวกับรังสีอาทิตย์ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี [มจธ], 2552: 40)

รังสีอาทิตย์จากดวงอาทิตย์ถูกนำไปประโยชน์เพื่อผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัย เซลล์แสงอาทิตย์ ปริมาณของรังสีอาทิตย์สามารถทราบในรูปของค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ โดยขึ้นกับ วันที่และเวลารวมถึงตำแหน่งบนพื้นโลก รังสีอาทิตย์มีหน่วยเป็นวัตต์/ตารางเมตรและพลังงาน แสงอาทิตย์มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง/ ตารางเมตร/ วัน รังสีอาทิตย์ประกอบด้วยสเปกตรัม ซึ่งหากพิจารณาการใช้งานเพื่อผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์นั้น เซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด จะตอบสนองต่อสเปกตรัมได้ไม่เท่ากันทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าแตกต่างกัน นอกจากนี้ การออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึงการใช้งานและการบำรุงรักษาระบบจำเป็นต้องทราบ เกี่ยวกับค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ในพื้นที่ และลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้รวมถึงผลกระทบจากรังสีอาทิตย์ด้วย

- ค่าคงที่แสงอาทิตย์ (Solar Constant)

วงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ซึ่งไม่เป็นวงกลม ดังนั้นระยะห่างระหว่างโลกและดวงอาทิตย์จึงเปลี่ยนแปลงตลอดปี พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเหนือบรรยากาศโลก (Extraterrestrial Radiation) มีค่าต่างกันทุกวันขึ้นกับตำแหน่งในวงโคจร หากพิจารณาค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ระยะห่าง

เฉลี่ยระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ซึ่งเรียกว่า ค่าคงที่แสงอาทิตย์ (Solar Constant) นั้นค่าคงที่แสงอาทิตย์ที่ยอมรับในปัจจุบันคือ 1,353 วัตต์ต่อตารางเมตร

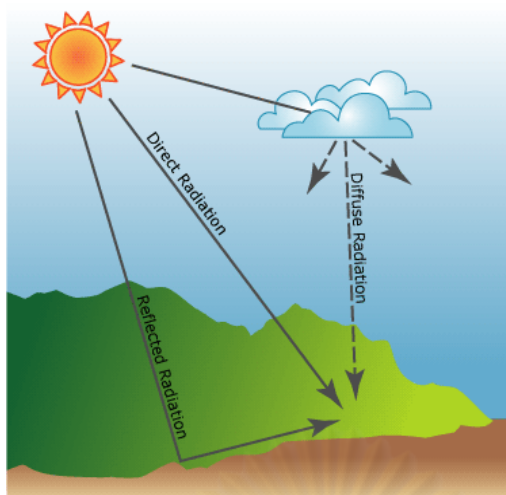
- รังสีอาทิตย์ที่ผิวโลก

รังสีอาทิตย์ที่ผิวโลกผ่านการกระบวนกรดูดกลืนและการแผ่รังสีอาทิตย์โดยก๊าซในบรรยากาศเป็นผลให้สเปกตรัมแสงอาทิตย์เปลี่ยนไปซึ่งโมเลกุลของก๊าซ ฝุ่นละออง และเมฆในบรรยากาศทำให้รังสีอาทิตย์กระจัดกระจาย (Scatter) และสะท้อน (Reflect) ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของรังสีอาทิตย์เมื่อเข้าสู่บรรยากาศโลกและพื้นผิวโลกดังแสดงในรูปที่ 2.2 ผลจากปรากฏการณ์นี้ประกอบด้วย การเปลี่ยนความเข้มแสงรวม การเปลี่ยนความเข้มแสงที่ความยาวคลื่นใดๆ หรือเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสเปกตรัมและการเปลี่ยนแปลงของทิศทางเมื่อเทียบกับรังสีเหนือบรรยากาศ ผลจากปรากฏการณ์ดังกล่าวข้างต้นซึ่งแสดงใน สามารถแบ่งประเภทของรังสีอาทิตย์ที่ผิวโลกที่ควรทราบ

- รังสีตรง (Beam or Direct Radiation) เป็นรังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรงและตกบนผิวรับแสงด้วยทิศทางที่แน่นอน ณ เวลาหนึ่งเวลาใด ซึ่งทิศทางของรังสีตรงอยู่ในแนวลำแสงอาทิตย์เนื่องจากรังสีตรงมีทิศทางแน่นอนและมีลำแสงขนาน จึงสามารถรวมแสงหรือโฟกัสรังสีตรงได้

- รังสีกระจาย (Diffuse Radiation) เป็นรังสีอาทิตย์ส่วนที่ถูกสะท้อนและกระจายโดยก๊าซ ฝุ่นละอองและวัตถุต่างๆ ที่อยู่ในทางเดินของแสงก่อนตกกระทบผิวรับแสง รังสีกระจายนี้มาจากทุกทิศทางในท้องฟ้าจึงไม่สามารถรวมแสงหรือโฟกัสรังสีกระจายได้

- รังสีรวม (Total หรือ Global Radiation) เป็นผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายซึ่งจำกัดเฉพาะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคลื่นสั้น (ไม่เกิน 4 ไมโครเมตร) ซึ่งเป็นช่วงคลื่นแสงอาทิตย์ไม่รวมพลังงานคลื่นยาวซึ่งเกิดจากการแผ่รังสีของผิวโลกและบรรยากาศ โดยกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นเอียง (Incline Plane) รังสีรวมจะประกอบด้วยรังสีตรงจากท้องฟ้า รังสีกระจายจากท้องฟ้าและรังสีกระจายจากผิวโลก อาคารบ้านเรือนซึ่งเกิดจากส่วนที่สะท้อนกลับจากผิวโลก รังสีรวมในกรณีนี้เรียกว่า Total Radiation แต่ในกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นราบ (Horizontal Plane) รังสีรวมบนพื้นราบประกอบด้วยรังสีตรงและรังสีกระจายที่มาจากครึ่งทรงกลมท้องฟ้า ไม่มีรังสีกระจายที่มาจากผิวโลก รังสีรวมบนพื้นราบเรียก Global Radiation



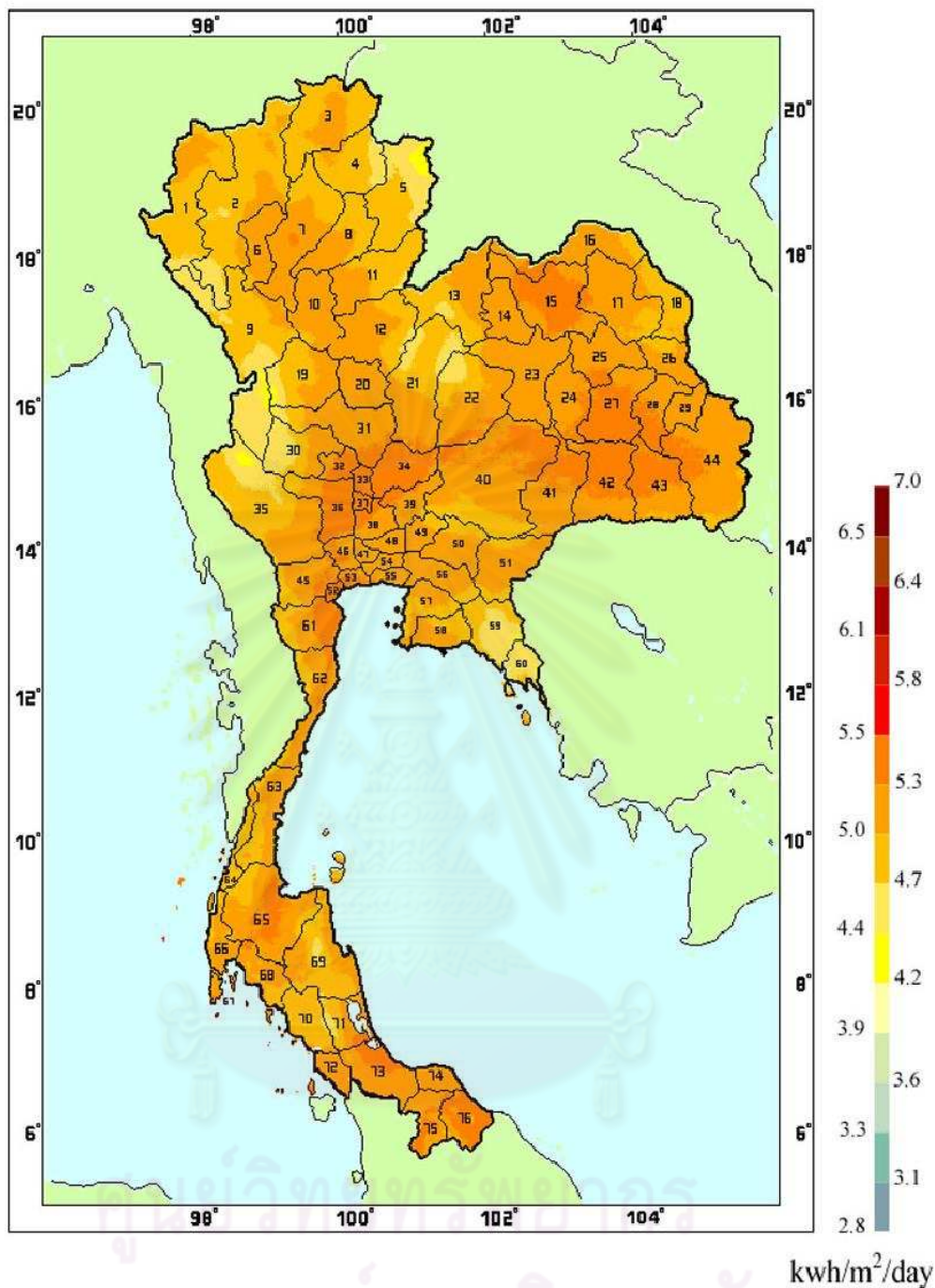
รูปที่ 2.11 ผลรวมปริมาณรังสีความร้อนรวมทั้งหมดที่รวมการแผ่รังสีจากแหล่งต่างๆเกิดขึ้น รวมกัน เป็นผลรวมการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (Total solar radiation)

ที่มา : ภูมิอากาศชั้นสูง, หน้า 9-6

## 2.2.2 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ไทย (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี [มจธ], 2552: 46)

จากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2542 โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน) และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ในแต่ละเดือนนั้นการกระจายของความเข้มรังสีอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆ ของประเทศได้รับอิทธิพลสำคัญจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายน และพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 24 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน เมื่อพิจารณาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยครอบคลุมบางส่วนของ จังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และอุดรธานี และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท อัญญา และลพบุรี โดยได้รับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี 19 ถึง 20 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 14.3 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่า 50.2 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี มีค่าเท่ากับ 18-19 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน จากการคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่ามีค่าเท่ากับ 18.2 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน จากผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง





รูปที่ 2.12 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับประเทศไทย จัดทำในปี พ.ศ. 2542

(หน่วย : กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร-วัน)

ที่มา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี [มจร], 2552: 45

ตารางที่ 2.1 ค่าเฉลี่ยรังสีดวงอาทิตย์ วัดที่กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา กรุงเทพฯ ระหว่างปี 2507-2551  
(Monthly global and diffuse solar radiation MJ/m<sup>2</sup>)

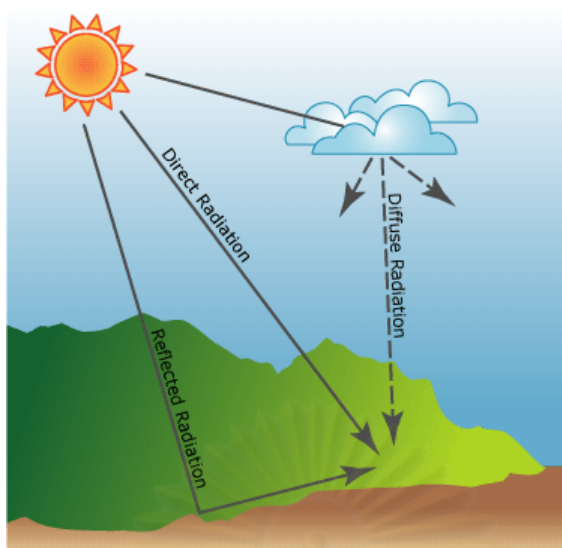
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Avg	Max	Min
Global	16.07	17.15	19.27	19.65	17.82	16.83	16.23	15.92	14.98	15.38	16.24	16.25	16.82	19.65	14.98
Diffuse	5.96	6.93	7.85	7.80	8.30	8.83	8.89	8.78	8.99	7.65	6.22	5.69	7.66	8.99	5.69
Ratio	0.37	0.40	0.41	0.40	0.47	0.52	0.55	0.55	0.60	0.50	0.38	0.35	0.46	0.60	0.35

ที่มา: (สำนักเฝ้าระวังและเตือนสภาวะอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา , 2010 : online)

### 2.2.3 การคำนวณหาปริมาณรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2552)

พลังงานแสงอาทิตย์มีวิธีการโดยวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ (Solar Radiance) และปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Insolation) ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ คือ ความเข้มของกำลังงานที่ได้จากรังสีอาทิตย์ช่วงขณะนั้นๆ บ่งบอกปริมาณด้วยหน่วยของกิโลวัตต์ต่อตารางเมตร (kW/m<sup>2</sup>) ค่าความเข้มแสงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงตลอดวัน โดยที่ในเวลากลางวันมีค่าเท่ากับศูนย์กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร และจะมีค่ามากที่สุดคือ 1 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรขึ้นกับตำแหน่งพื้นที่และสภาพภูมิอากาศ ทั้งนี้ค่าความเข้มแสงอาทิตย์สามารถเป็นได้ทั้งค่ารังสีรวมและค่ารังสีตรงขึ้นกับเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้วัด

โดยทั่วไปค่าปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์นิยมนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์เบื้องต้น และค่าความเข้มแสงอาทิตย์ใช้เพื่อทราบประสิทธิภาพสูงสุดของระบบ ในช่วงเวลาต่างๆ ดังนั้นหากทราบค่าความเข้มแสงอาทิตย์จะสามารถทราบค่าปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ได้ โดยนำค่าที่วัดได้ช่วงขณะคิดค่าเฉลี่ยในช่วงเวลา เป็นรายชั่วโมง รายวันและรายปีได้



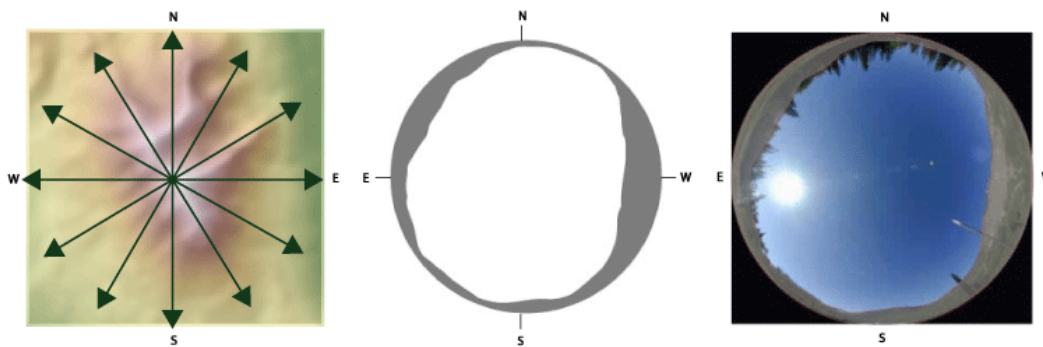
รูปที่ 2.13 ผลรวมปริมาณรังสีความร้อนรวมทั้งหมดที่รวมการแผ่รังสีจากแหล่งต่างๆเกิดขึ้น รวมกัน  
เป็นผลรวมการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (Total solar radiation)  
ที่มา ภูมิอากาศชั้นสูง, หน้า 9-6

ผลรวมปริมาณรังสีความร้อนรวมทั้งหมดที่รวมการแผ่รังสีจากแหล่งต่างๆเกิดขึ้นเรียกรวมกัน  
เป็นผลรวมการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (Total solar radiation) ซึ่งการคำนวณปริมาณรังสีความร้อนรวม  
แบ่งวิธีการคำนวณเป็น 2 แบบคือ

- 1) การคำนวณโดยใช้รูปภาพ
- 2) การคำนวณโดยสมการ

### 2.3 การคำนวณปริมาณรังสีความร้อนโดยใช้รูปภาพ

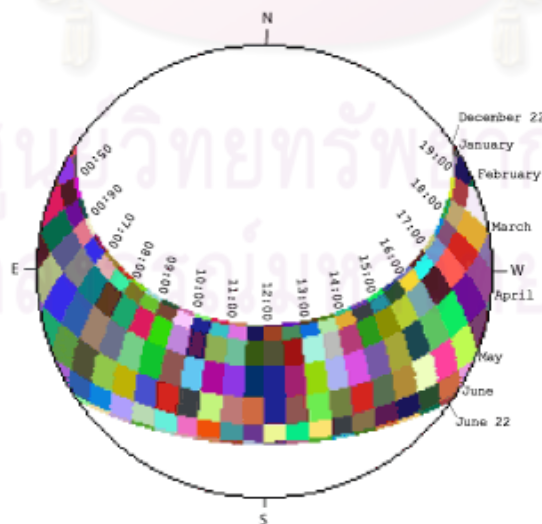
- การใช้แผนภาพคำนวณมุมมองของโคมห้องฟ้า View shed Calculation  
คำนวณโดยใช้ภาพถ่ายจริงที่ถ่ายจากจุดใดๆ มองขึ้นสู่ท้องฟ้าด้านบนที่โดนบดบังจาก  
สภาพพื้นที่รอบๆ นั้น ซึ่งภาพถ่ายดังกล่าวเสมือนดังสภาพท้องฟ้ารูปทรงกลมซึ่งในการ  
แบ่งย่อยพื้นที่ในแต่ละส่วนของท้องฟ้าครึ่งวงกลมจะมีระดับความสว่างในแต่ละจุด  
ต่างกันตามระนาบในแนวนอนที่แต่พื้นที่โคจรอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์



รูปที่ 2.14 Viewshed Calculation  
ที่มา (esri, 2010 : online)

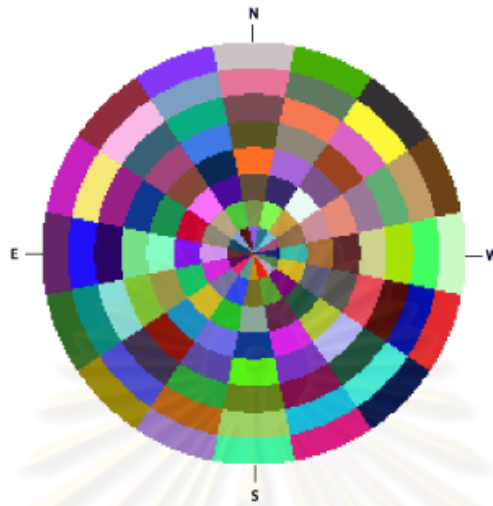
การคำนวณการโดยเงาจากการบดบังจะใช้ร่วมกับการระบุทิศทางและตำแหน่งดวงอาทิตย์ เพื่อนำไปคำนวณร่วมกับ Sunmap และ Skymap ต่อไปเพื่อหาค่าปริมาณรังสีความร้อนรวม (รังสีตรง+รังสีกระจาย)

- การคำนวณด้วยแผนที่ดวงอาทิตย์ Sunmap Calculation  
คำนวณโดยใช้แผนภูมิแสดงระดับค่าปริมาณรังสีความร้อนในแต่ละส่วนตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ตามละติจูดแต่ละของพื้นที่โดยคำนวณได้ตามช่วงเวลาและวันในแต่ละปี สามารถใช้คำนวณร่วมกับแผนภูมิท้องฟ้าที่โดนบดบังในแต่ละช่วงเวลาโดยการวางทับซ้อนเพื่อดูช่วงเวลาที่ถูกบดบังและปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น



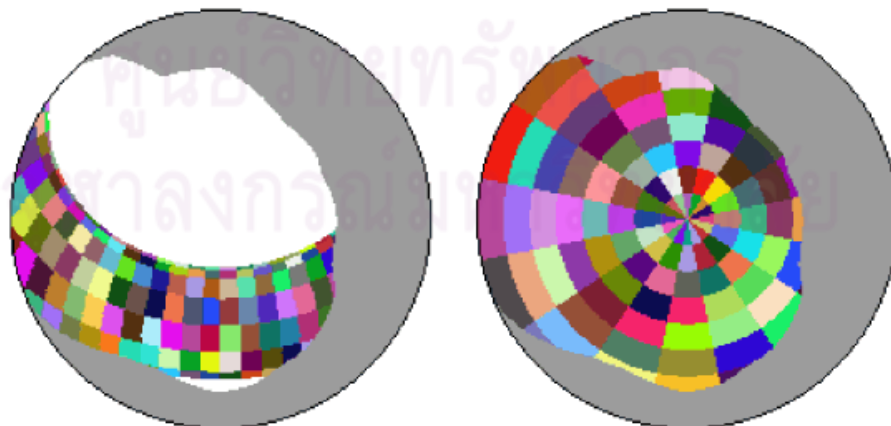
รูปที่ 2.15 Sunmap Calculation  
ที่มา (esri, 2010 : online)

- การคำนวณด้วยแผนที่เวลาท้องฟ้า Skymap Calculation  
คำนวณโดยการแบ่งพื้นที่ท้องฟ้าที่ได้รับรังสีความร้อนเป็นส่วนๆ ตามโดยแบ่งพื้นที่ในแต่ละช่องตามเส้นโคจรของดวงอาทิตย์ขึ้นและลง



รูปที่ 2.16 Skymap Calculation  
ที่มา : (esri, 2010 : online)

- การคำนวณด้วยแผนภาพโคมท้องฟ้ากับแผนที่เวลาท้องฟ้า Overlay of viewshed with sunmap and skymap  
เป็นการคำนวณช่วงเวลาที่มองเห็นท้องฟ้าในแต่ละเวลาของแต่ละวันในหนึ่งปีและคำนวณปริมาณรังสีความร้อนรวมทั้งรังสีโดยตรงและรังสีกระจายโดยใช้การซ้อนทับของพื้นที่เงาบังของท้องฟ้าทับกับผัง Sunmap และ Skymap โดยที่ Skymap สามารถคำนวณได้ทั้ง Direct และ Diffuse Radiation



รูปที่ 2.17 ท้องฟ้า Overlay of viewshed with sunmap and skymap  
ที่มา (esri, 2010 : online)

## 2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับท้องฟ้า

- Design Sky

ความสว่างของท้องฟ้ามีความแตกต่างกันตามสภาพภูมิอากาศในแต่ละท้องที่และแต่ละเวลาในแต่ละวัน รวมถึงปริมาณเมฆที่ปกคลุม ในวันที่ฟ้าโปร่งไม่มีเมฆความสว่างมีค่าประมาณ  $2,000 \text{ cd/m}^2$  จนถึง  $10,000 \text{ cd/m}^2$  ในการออกแบบที่พิจารณาด้านความสว่างสูงสุดตลอดทั้งปี จึงไม่สามารถกำหนดวิธีการคำนวณได้ เนื่องจากในแต่ละปีท้องฟ้าจะสว่างมากที่สุดเพียงแค่วันหนึ่งหรือสองครั้งต่อปีเท่านั้น ดังนั้นการออกแบบคำนวณความสว่างจะพิจารณาในกรณีที่สภาพท้องฟ้าสว่างน้อยที่สุดแบบ worst case scenario ซึ่งขึ้นกับพิกัดของที่ตั้งสถานที่นั้นๆ เช่น

Darwin 15000 lux

London 4000 lux

Brisbane 10000 lux

Perth 8500 lux

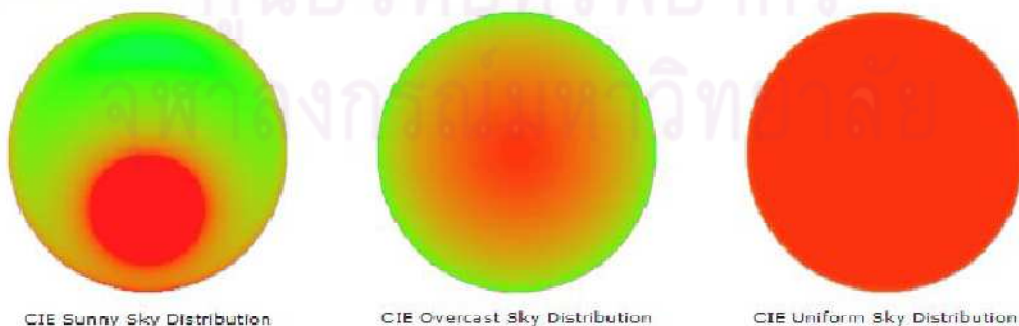
Sydney 8000 lux

Melbourne 7000 lux

Hobart 5500 lux

- Sky Distributions

อากาศและละอองน้ำในชั้นบรรยากาศมีผลต่อปริมาณความสว่างท้องฟ้า ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสไม่มีเมฆ แสงสว่างส่วนใหญ่มาจากทิศทางเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ในวันที่ฟ้าหลัวแสงสว่างส่วนใหญ่มาจากจุดสูงสุดบนท้องฟ้ามากกว่าความสว่างในทิศทางนอน 3 ถึง 4 เท่า ขึ้นอยู่กับในแต่ละกรณีของท้องฟ้า การที่สภาพท้องฟ้ามีความแตกต่างกัน Commission International de l'Eclairage หรือ CIE จึงได้พัฒนาจำนวนรูปแบบมาตรฐานความสว่างที่ต่างกัน โดยใช้สูตรการคำนวณทางคณิตศาสตร์



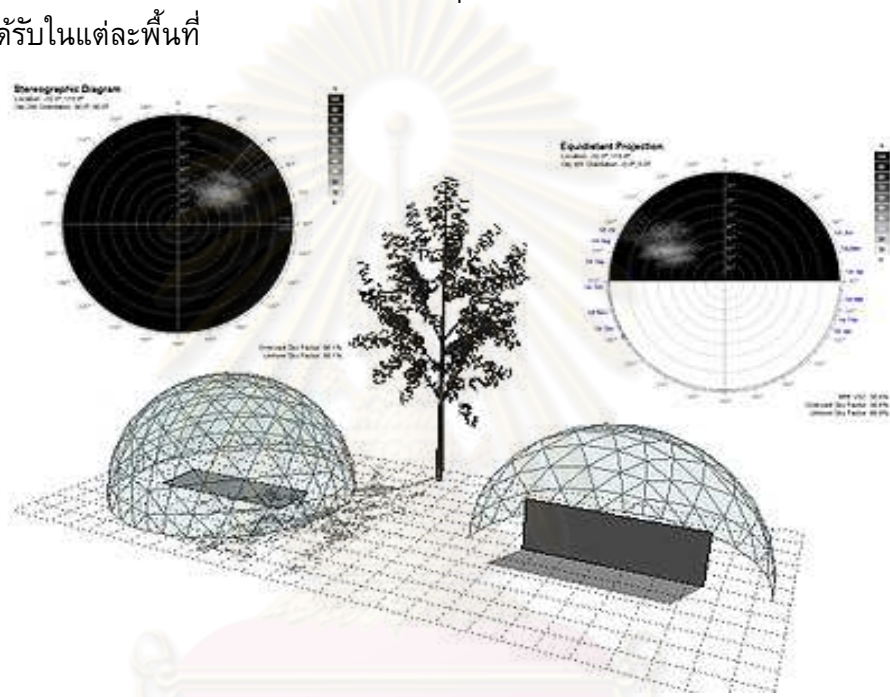
รูปที่ 2.18 Sky Distribution

ที่มา Ecotect 2011/Help

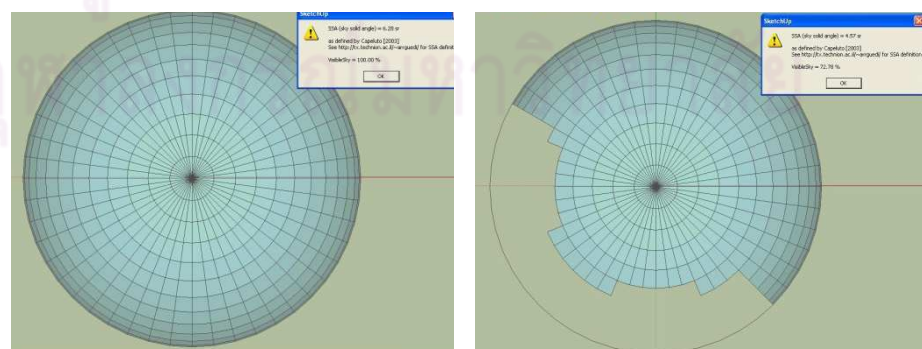
2.4.1 การมองเห็นท้องฟ้าและการถูกบดบัง Sky Component

- Visible sky

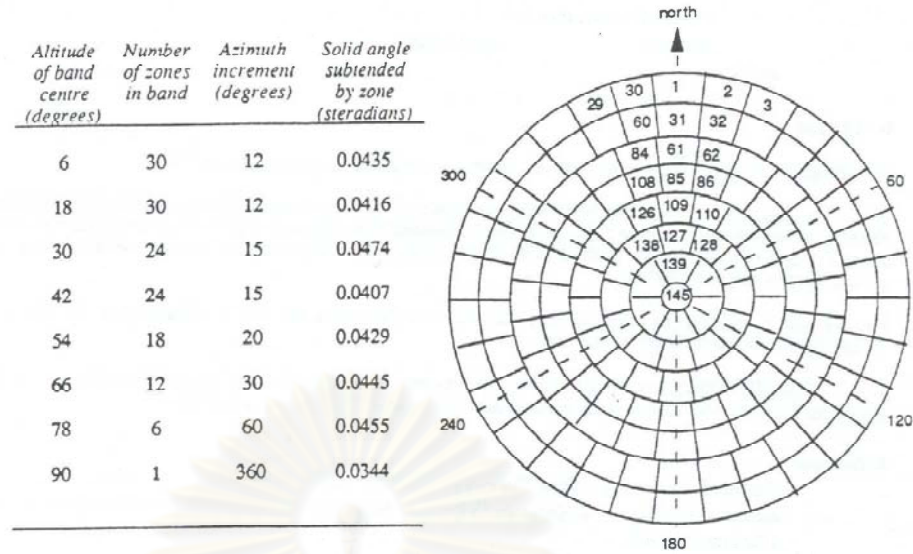
พิจารณาจากมุมมองในตำแหน่งใด ๆ ขึ้นสู่ท้องฟ้าด้านบน โดยใช้แผนภาพโดมท้องฟ้าจำลองแบบครึ่งวงกลมแสดงปริมาณพื้นที่มองเห็นท้องฟ้าอันเนื่องมาจากการถูกบดบังซึ่งแบ่งแนวพื้นที่ของโดมครึ่งวงกลมแต่ละส่วนด้วยเส้นแบ่งมุมแนวตั้งเข้าหาจุดศูนย์กลางครึ่งวงกลม เรียกว่า Sky Solid Angle มีค่าของมุมเป็นหน่วยที่เรียกว่า Steradian ในการใช้แผนภาพโดมจำลองท้องฟ้านี้ มีการเสนอวิธีวิเคราะห์พื้นที่ที่แต่ละส่วนของโดมท้องฟ้าออกเป็นพื้นที่ย่อย ซึ่งระบุความแตกต่างของปริมาณแสงธรรมชาติที่ได้รับในแต่ละพื้นที่



รูปที่ 2.19 โดมท้องฟ้าจำลองครึ่งวงกลมในโปรแกรม Ecotect  
ที่มา Ecotect 2011/Help



รูปที่ 2.20 โดมท้องฟ้าจำลองครึ่งวงกลมในโปรแกรม Google Sketch up : Plug in Sun tool V2.2  
ที่มา Google SketchUp : SunTools Plugin (V2.0)



รูปที่ 2.21 โดมท้องฟ้าตามทฤษฎีของ Tregenza ซึ่งแบ่งพื้นที่แต่ละส่วนตามปริมาณความสว่างแสงธรรมชาติที่ได้รับ

- Sky Factor

อัตราส่วนของปริมาณแสงสว่างธรรมชาติที่ตกกระทบจุดหนึ่งจุดใดเทียบกับปริมาณความสว่างในระนาบนอนที่จุดเดียวกันภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบสม่ำเสมอ (Uniform Sky) เรียกว่า Sky Factor หากเป็นกรณีฟ้าหลัว (Overcast Sky) จะเรียกอัตรานี้เป็น Daylight Factor ซึ่งการระบุอัตราส่วนทั้งสองแบบมีหน่วยเป็น เปอร์เซนต์

- Vertical Sky Component (VSC)

การวัดปริมาณความสว่างที่ตกกระทบต่อจุดในระนาบทางตั้งเทียบกับความสว่างที่แสงส่องในจุดเดียวกันในระนาบทางนอนที่ไม่มีใดๆ อาคารบดบัง

การนำค่า VSC มาประยุกต์ใช้เพื่อพิจารณาจุดกึ่งกลางหน้าต่างทางตั้งเพื่อประเมินศักยภาพความสว่างของแสงธรรมชาติภายในห้องการคำนวณหาค่า VSC ใช้การคำนวณดังนี้

$$VSC = \frac{\text{ปริมาณความสว่างที่ตกกระทบต่อจุดในระนาบทางตั้ง}}{\text{ปริมาณความสว่างที่ตกกระทบต่อจุดในระนาบทางนอน}}$$

VSC มีค่าสูงสุด 50% สำหรับท้องฟ้าแบบสม่ำเสมอ โดยพิจารณาที่กึ่งกลางทางแนวตั้งของหน้าต่าง (เสมือนพิจารณาจากจุดที่ตำแหน่งกึ่งกลางทรงกลม) สำหรับท้องฟ้าหลัวมีค่าสูงสุด 39.6%

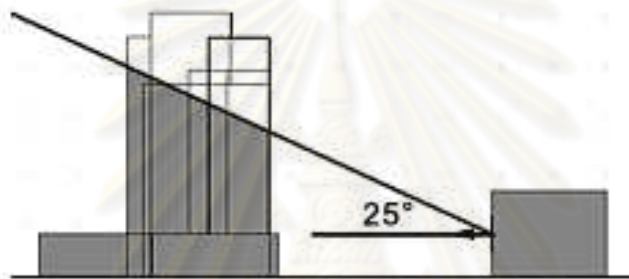


วิธีการพิจารณา VSC สามารถวิเคราะห์ให้เข้าใจได้ด้วยการดูรูปภาพห้องฟ้าแบบครึ่งวงกลม โดยแต่ละช่องจะถูกแบ่งตามแนวเส้นทางตั้งและนอนตามค่าเฉลี่ยความสว่างที่ตกกระทบในจุดนั้นๆ แต่ละช่องแสดงค่า 0.5% พื้นที่แต่ละช่องไม่เท่ากันแต่ปริมาณ VSC เท่ากันเนื่องจากจุดที่เลื่อนลงมา ปริมาณความสว่างที่ลดลง

- เกณฑ์พิจารณาอาคารบดบังของ BRE (Building Research Establishment)

1) พิจารณามุมบดบังท้องฟ้าของอาคารข้างเคียง

โดยกำหนดขอบเขตเส้น 25 องศาจากระนาบทางนอนที่สูงจากพื้น 2 เมตร ส่วนของอาคารที่เกินระยะดังกล่าวจะส่งผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติของอาคารเดิม



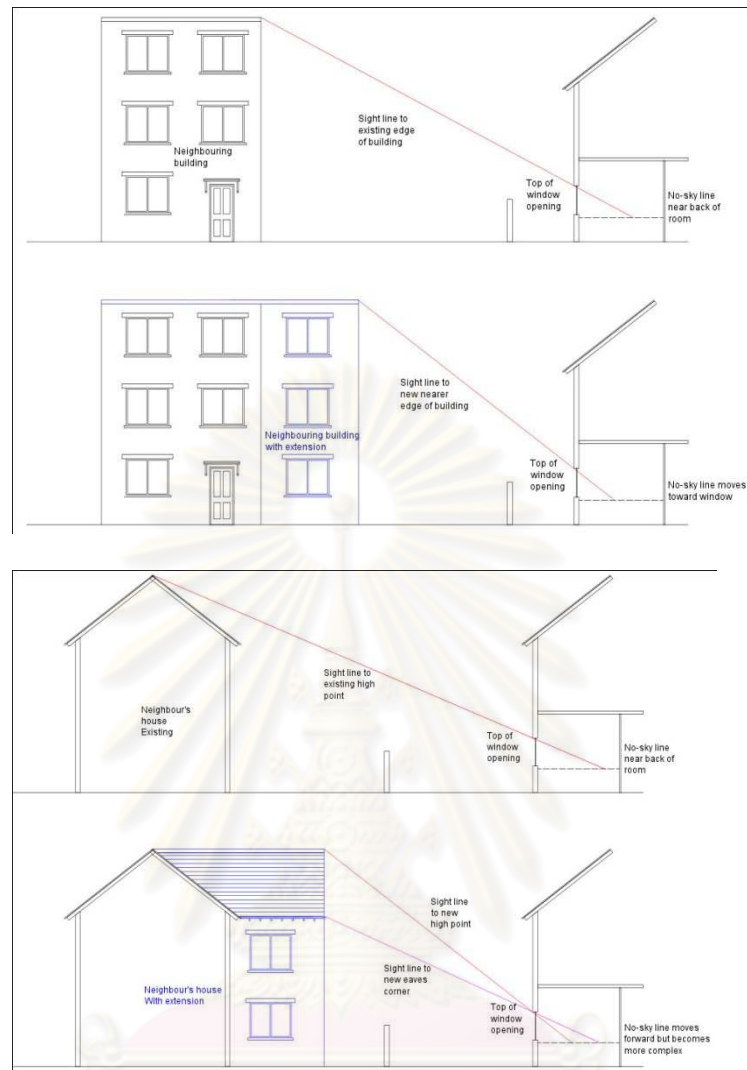
รูปที่ 2.22 มุมบดบังแสงธรรมชาติของส่วนอาคารข้างเคียงที่เกินแนวเส้น 25 องศา  
ที่มา Ecotect Help

2) พิจารณาอาคารข้างเคียงมีผลต่อการบดบังท้องฟ้า โดยใช้เปอร์เซ็นต์ของ VSC

ประเมินการเปลี่ยนแปลงระดับความสว่างที่จุดกึ่งกลางหน้าต่างไม่ให้มีค่าน้อยกว่า 27% หรือน้อยกว่า 0.8 เท่าของปริมาณแสงสว่างธรรมชาติที่มีอยู่เดิม เทียบกับช่วงที่ยังไม่มีอาคารข้างเคียงก่อสร้าง หากปริมาณดังกล่าวลดลงจากเดิม ถือว่ามีผลกระทบต่อความสว่างจากแสงธรรมชาติที่มีแก่อาคารเดิม

3) พิจารณาผลต่อความสว่างภายในที่เปลี่ยนแปลงโดยใช้เส้นปราศจากอาคาร (The No-Sky line)

ใช้ประเมินอาคาร 2 หลังเปรียบเทียบระหว่างอาคารที่มีอยู่เดิมกับกรณีที่มีอาคารใหม่ก่อสร้างใกล้ที่ดินของอาคารเดิม โดยพิจารณามุมมองจากจุดสูงสุดของอาคารข้างเคียงผ่านขอบหน้าต่างของอาคารเดิมเข้าสู่พื้นที่ภายในห้อง ซึ่งกำหนดเส้นระดับความสว่างทุกระยะ 0.2% ของปริมาณความสว่างที่เปลี่ยนแปลง หากแนวเส้นที่ไม่โดนบังจากอาคารข้างเคียงมีการเปลี่ยนแปลงก็จะส่งผลต่อปริมาณความสว่างของพื้นที่ภายในห้องที่ลดลง



รูปที่ 2.23 การใช้เส้นปราศจากอาคารประเมินผลกระทบของแสงธรรมชาติต่อพื้นที่ภายในห้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้ได้พิจารณาถึงงานวิจัยที่ใช้แนวทางการจำลองแบบ Parameter Study ซึ่งบางส่วนมีการวิจัยที่เชื่อมโยงในเรื่องปริมาณความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งผู้วิจัยพบว่า ในการสร้างแบบจำลองของแต่ละงานวิจัยจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขหลักของข้อกำหนดด้านกฎหมายอาคาร ซึ่งทำการศึกษาเรื่องระยะเว้นว่างจากแนวที่ดิน (Set Back) หรืออาคารข้างเคียง หรือความหนาแน่นที่เกิดขึ้นจากการใช้อัตราส่วนพื้นที่ก่อสร้างอาคารต่อพื้นที่ดิน (F.A.R) ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 1

### 2.5.1 Vertical Urban forms and their Climatic Performance (Huang ,Yuan et al.,2009)

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดวางรูปทรงอาคารจากแบบจำลองที่มีผลต่อสภาวะอากาศรอบตัวอาคารโดยการศึกษาได้วิเคราะห์ให้เห็นถึงปริมาณพื้นที่และช่วงเวลาพื้นอาคารในแต่ละด้านจะได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ต่างกัน โดยทำการจัดเรียงกลุ่มความสูงอาคารในเขตเมืองเพื่อดูผลกระทบด้าน

สภาวะอากาศที่เกิดขึ้นในแต่ละระดับ รูปแบบอาคารจำลองแห่งคอนกรีตเหนือ-ใต้ ถูกจัดเรียงความสูงให้ต่างกันโดยสม่ำเสมอ 3 แถว โดยแนวแกนของแต่ละก้อนอาคารมีขนาด กว้าง 64 x15x27 (ยาวxกว้างxสูง) ในการทดลองได้ระบุให้มีเงื่อนไขแบบจำลองเสมือนอาคารจริงโดยกำหนดค่าการจัดเรียงระยะห่างแนวราบของอาคาร ลักษณะทางกายภาพของวัสดุ อุณหภูมิอากาศ มุมกระทบค่าแสง

ต่อพื้นผิว 0.2 ซึ่งเป็นค่าเท่ากับอาคารสำนักงาน โดยมีการเปิดเครื่องปรับอากาศระหว่าง 8.00-15.00 น. อัตราความเร็วลม 30 ไมล์ต่อชั่วโมง จากนั้นนำเสนอรูปแบบคำนวณน้ำหนักช่วงเวลารับการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์สู่ผนังอาคารเพื่อทำนายผลกระทบจากความสูงต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบและปริมาณการถ่ายเทความร้อนและศึกษาต่อไปถึงผลทางด้านการใช้พลังงานในอาคารผลจากการวิจัยจะได้เงื่อนไขความสูงของอาคารข้างเคียง (H) ต่อความกว้าง (W) เท่ากับ

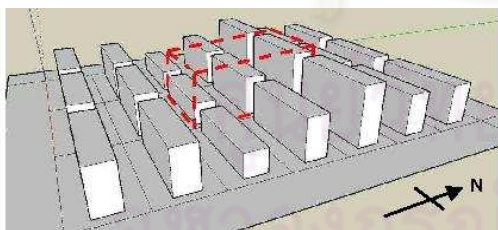


Fig. 1 Perspective of south-low north-high pattern

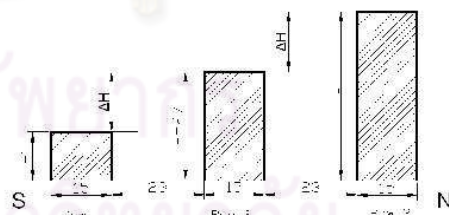


Fig. 2 Vertical arrangement with  $\Delta H$

Table 1 case studies

	Case 0	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7
$\Delta H(m)$	0	3	6	9	12	15	18	21
H1(m)	27	24	21	18	15	12	9	6
H3(m)	27	30	33	36	39	42	45	48

รูปที่ 2.24 แบบจำลองกลุ่มอาคารแห่งคอนกรีต  
ที่มา (Huang et al.,2009 ; online)

อัตราส่วน 1.17 เมื่อ  $H=27$  คงที่ จากกรณีแบบศึกษา ซึ่งจากผลที่ได้จะนำไปปรับปรุงในด้านกฎหมายอาคารและพัฒนางานวิจัยโดยใช้พื้นฐานแบบจำลองความสูงในการศึกษานี้เป็นพื้นฐานใช้กับกลุ่มความสูงอาคารประเภทอื่น แม้ว่าความแตกต่างของความสูงจะช่วยลดการใช้พลังงานได้เมื่ออาคารข้างเคียงความสูงเพิ่มมากขึ้น แต่ควรพิจารณาร่วมกับความกว้างของอาคารด้วยเช่นกัน

โดยสรุปในงานวิจัยชิ้นนี้เมื่อพิจารณาแล้วอาจไม่ได้เน้นในเรื่องการวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์อย่างเด่นชัด แต่แบบจำลองที่นำมาศึกษานั้น ใช้แนวทางการสร้าง Parameter Study ซึ่งเห็นว่าสามารถนำมาเป็นตัวเปรียบเทียบกับการศึกษาในกรณีที่มีแนวอาคารข้างเคียงขนาดใหญ่ประชิดและเกิดผลกระทบด้านปริมาณความร้อน ซึ่งก็คือการได้รับปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์นั่นเอง

2.5.2 Denise Duarte, Rafael Brandao and Alessandra Prata (2004) ศึกษาสภาพสิ่งแวดล้อมของเมืองจากกฎหมายอาคารท้องถิ่นเมือง Sao Paulo ประเทศ Brazil โดยเสนอเครื่องมือช่วยในการสร้างเกณฑ์ขั้นต่ำอาคารเพื่อเป็นอาคารตั้งต้นเปรียบเทียบ แบ่งการศึกษาเป็น 3 ส่วนประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 วิเคราะห์ประเด็นอาคารต่างๆ ในย่านพื้นที่จริงในเรื่องระยะร่นอาคารด้านหน้า ด้านหลัง ตามระยะของกฎหมายโดยพิจารณาถึงผลกระทบของอาคารที่ก่อสร้างใหม่ตามระยะกฎหมายต่ออาคารที่อยู่อาศัยเดิมที่มีอยู่ต้นตัมแรกคือเรื่องการบังท้องฟ้าซึ่งส่งผลต่อการเข้าถึงแสงสว่าง โดยตามข้อกำหนดการออกแบบของเทศบาลระบุให้ผนังในด้านทิศเหนือต้องได้รับแสงสว่างไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมงในฤดูหนาวและปริมาณแสงสว่างต้องมีประสิทธิภาพ 60% ของพื้นที่อาคาร รวมถึงพิจารณาระดับค่า Daylight Factor กำหนดให้ใช้เกณฑ์ CIE Overcast Sky เป็นเกณฑ์ ผลจากการศึกษาเสนอให้มุมบังท้องฟ้าจากอาคารสูงข้างเคียงมีค่ามุม 70 องศา ซึ่งได้รับปริมาณแสงสว่างและมีค่า Daylight Factor ที่ดีที่สุด และระยะร่นในแต่ละด้านได้แก่ทิศใต้ มีค่ามุมบังท้องฟ้าที่ 45 องศา โดยระยะร่นอาคารจากแนวที่ดิน

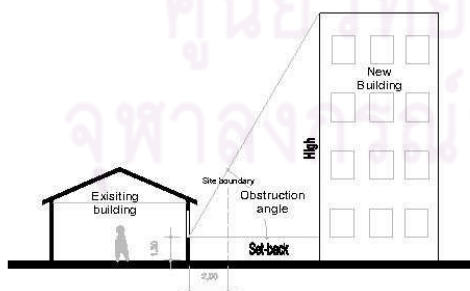


Figure 5: Setback reference point.

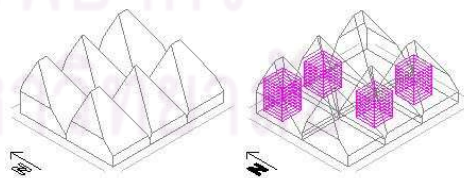


Figure 6: Occupation study for a E-W oriented block, maximized and conventional

รูปที่ 2.25 แบบจำลองการศึกษาเรื่องมุมการถูกบังที่เหมาะสมต่อปริมาณแสงธรรมชาติและการใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ที่มา (Duarte, Brandao, and Prata, Al.,2004 : online)

ส่วนที่ 2 ทำการศึกษาถึงสัดส่วนช่องเปิดของหน้าต่าง-หลังคา-Court ภายในโดยคำนึงถึง ปริมาณแสงที่เข้าสู่พื้นที่และการระบายอากาศที่เหมาะสม โดยเสนอมุมบังท้องฟ้าที่ 70 องศา สามารถให้ แสงสว่างเข้าปริมาณ 300 Lux เข้าสู่พื้นที่ภายในได้ถึง 70% สูงกว่าที่กฎหมายระบุขั้นต่ำต้องไม่น้อยกว่า 300 Lux ของปริมาณความสว่างตลอดทั้งวัน รวมถึงเสนอเกณฑ์สัดส่วนความแตกต่างของความสว่าง ภายในกับภายนอกไม่เกิน 1/10 ของปริมาณเฉลี่ยของความต่างของความสว่างตามสมการที่กำหนดให้ คือ

$$\text{สำหรับ } 0.1h \leq w < h \Rightarrow D_{\max} = 3.5 \times h$$

$$\text{สำหรับ } w \geq h \Rightarrow D_{\max} = 4.8 \times h$$

โดย W คือความกว้างหน้าต่าง และ h คือความสูง

ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ด้านอุณหภูมิและระดับความสว่าง

กฎหมายอาคารต่อผลกระทบด้านความหนาแน่นของเมือง จากการจำลองการจัดวางกลุ่มอาคาร พบว่าทิศที่ดีที่สุดคือการวางอาคารด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือกับทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยอาคารควรมี ความสูงระหว่าง 8-12 ชั้นและพื้นที่ก่อสร้างอาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (F.A.R) มีค่าระหว่าง 6.5-10 และจาก ที่กฎหมายผังเมืองกำหนดให้อัตรา F.A.R เท่ากับ 5.00 ดังนั้นระยะร่นอาคารจึงไม่เป็นข้อจำกัดด้าน ความหนาแน่นของเมืองและส่งผลในด้านปริมาณการส่งผ่านความร้อนและความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้าสู่พื้น ผืนอาคาร

2.5.3 Sarkar, Arunar (2009) ได้ศึกษาแบบจำลองรูปทรงอาคารในเชิงกายภาพของพื้นที่ เมืองที่มีผลต่อการได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ โดยในการศึกษาได้ใช้ทฤษฎีของ Knowles เรื่อง Solar Envelope เพื่อคาดการณ์อาคารซึ่งโดนผลกระทบจากอาคารข้างเคียงที่ติดกัน และส่งผลให้ศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ลดน้อยลง

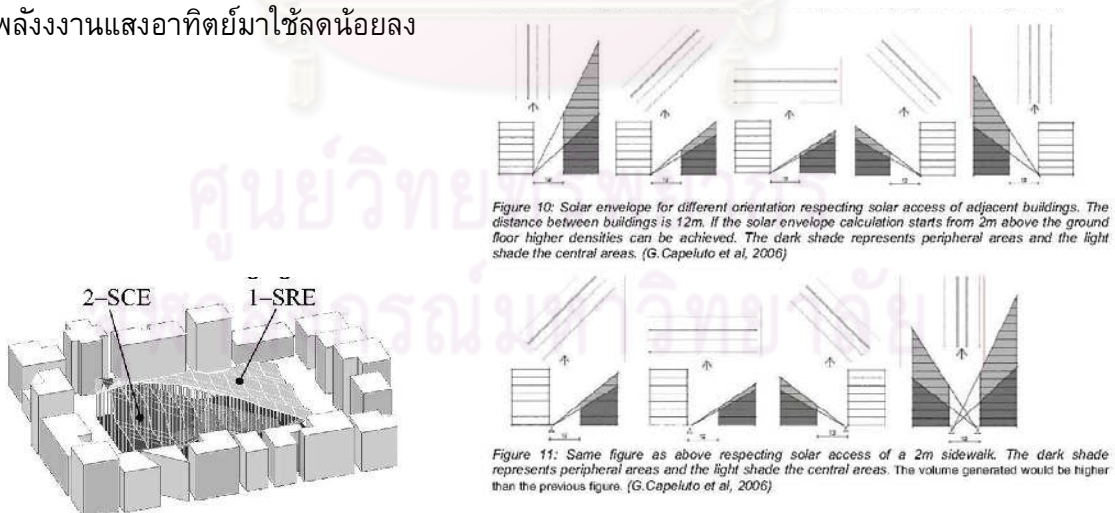


Figure1: Solar Envelopes: Solar Rights Envelope (SRE), Solar Collection Envelope (SCE), and Solar Volume (SV) (Source: Morello E., Ratti C.2008)

รูปที่ 2.26 การจำลองสภาพตามทฤษฎี Solar Envelope ของ Knowles  
ที่มา (Sarkar, 2009 : online)

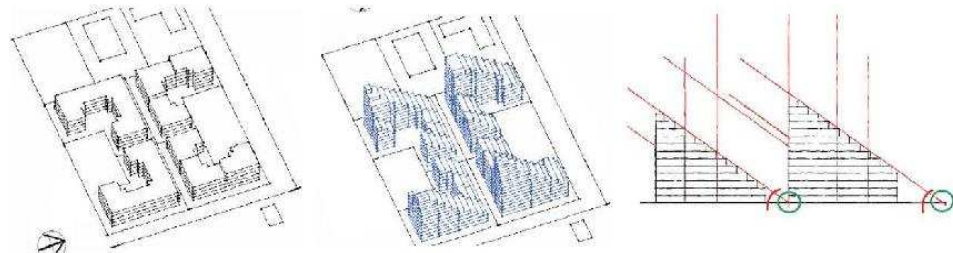


Figure. 12: (Left) Standard design guidance FSI 1.9. (Middle) Solar envelope allows higher FSI of 3.8 and improved solar potential (Right) The basis of solar envelope guidance. (G. Capeluto et al ,2006)

รูปที่ 2.27 แบบจำลองสภาพเมืองในงานวิจัย  
ที่มา (Sarkar, 2010 : online)

2.5.4 Vicky Cheng (2006) ศึกษาเกี่ยวกับความหนาแน่นของกลุ่มอาคารที่มีการจัดวางรูปทรงต่างๆตามแบบจำลองเพื่อประเมินศักยภาพของแสงอาทิตย์ต่อตัวอาคารในเมือง ภายใต้ข้อกำหนดเรื่องอัตราส่วนพื้นที่ก่อสร้างต่อพื้นที่ดิน F.A.R ซึ่งงานชิ้นนี้ได้เสนอแนวทางการจัดวางอาคารให้มีความหนาแน่นของที่เหมาะสมเพื่อให้ได้รับปริมาณแสงสว่างและที่ดินมีศักยภาพในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ได้เต็มที่ทั้งอาคารที่มีความสูงน้อยและอาคารที่มีความสูงมากซึ่งอยู่ร่วมกันในเมือง

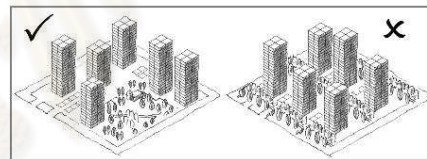
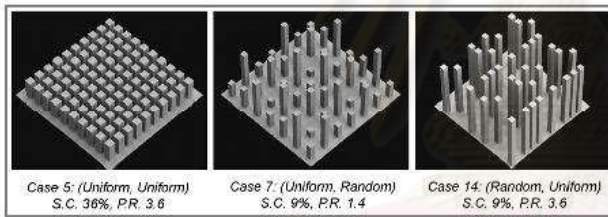


Figure 7: Horizontal randomness is preferable

Second, arrangements with higher buildings, less site coverage and more open space are more preferable than those with lower buildings and higher site coverage. (Figure 8)

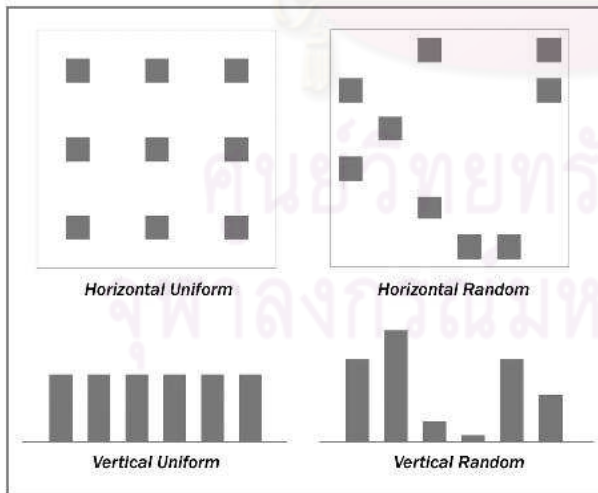
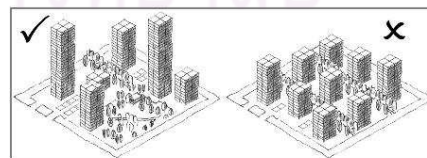


Figure 8: Low site coverage is preferable

Randomness in vertical layout should also be encouraged. In order to make this happen, building and planning regulations on building height would have to be made more flexible. (Figure 9)



รูปที่ 2.28 แบบจำลองสภาพเมืองในงานวิจัย  
ที่มา (Vicky et al.,2010 : online)

2.5.5 Hannah Muller (2009) ได้เสนอผลการศึกษาค้นคว้าเป็นรายงานข้อเสนอแนะแก่รัฐ Denver โดยเสนอให้มีการออกกฎควบคุมพื้นที่ก่อสร้างอาคารใหม่ซึ่งเปิดโอกาสในการได้รับปริมาณแสงอาทิตย์แก่ชุมชนโดยรอบ โดยยกตัวอย่างการศึกษาข้อบังคับด้าน Zoning ของรัฐอื่นๆที่มีการออกกฎเรื่อง สิทธิแห่งรังสี Solar Rights เป็นตัวอย่างข้อบังคับเพื่อให้เป็นมาตรฐานทัดเทียมกันเช่นเดียวกันกับรัฐอื่นๆ ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งปัจจุบันได้มีการรณรงค์เรื่องการใช้องค์กรพลังงานแสงอาทิตย์ของภาคครัวเรือนเป็นพลังงานสะอาดควบคู่ไปกับการเติบโตทางเศรษฐกิจของเมือง โดยเน้นไปยังภาคก่อสร้างที่มีการก่อสร้างใหม่ในเขตพื้นที่ที่อยู่ภายใต้กฎ Solar Rights

2.5.6 การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้เซลล์แสงอาทิตย์มาเป็นส่วนหนึ่งของอาคารเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกับสายส่ง (พรทิพย์ สมฤทธิ์และพรทิณีย์ เอ็มมัส, 2549)

กลุ่มผู้ศึกษาค้นคว้าโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Photovoltaic Project Model v 3.2 เกี่ยวกับตำแหน่งและที่ตั้งของอาคารในเขตกรุงเทพมหานคร โดยกำหนดให้อาคารที่จะศึกษาเป็นอาคารสมมุติที่มีผนังอาคารตั้งฉากกับแนวราบและมีทิศทางต่างๆ 8 ทิศ และเปรียบเทียบกับผนังอาคารในแนวราบ (roof top) ศึกษาความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์รวมและอุณหภูมิแวดล้อม เปรียบเทียบความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผนังอาคารทั้ง 8 ทิศทางในแนวตั้งฉาก เปรียบเทียบชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมในการนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าของอาคาร และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ โดยพบว่าอาคารที่มีทรงสูงและมีผนังอาคารในด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้หรือผนังอาคารในด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ จะได้รับความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุดคือเท่ากับ 1 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี ส่วนในแนวราบได้รับความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ 1.76 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

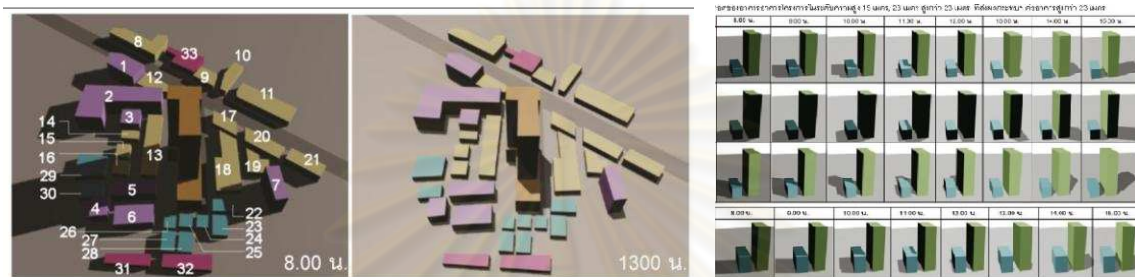
2.5.7 เทคนิคการประมาณค่าความส่องสว่างจากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ กรณีศึกษา กรุงเทพมหานคร (ทศพร นามเทพ, 2542) ได้ศึกษาสภาพท้องฟ้าและเก็บวัดปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์ โดยเสนอเป็นสมการพยากรณ์เพื่อใช้ในการประเมินระดับความส่องสว่างจากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ โดยในข้อสรุปผู้วิจัย ได้เสนอแนะว่าสมการดังกล่าวมีความสามารถในการทำนายผลของความสว่างภายนอกทั้งแนวและแนวตั้งได้เป็นอย่างดี

2.5.8 แนวทางการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม: การบดบังแดด (สุภา ขจรฤทธิ์ , 2552 )

งานวิจัยนี้ สุภาได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุง แก้ไข การคาดการณ์ผลกระทบการบดบังแดด ในรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 โดยเลือกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3Ds max แสดงพื้นที่เงาตกทอดเป็นภาพ 3 มิติ เฉพาะวันที่ 21 มีนาคม 21 มิถุนายน และ 21 ธันวาคม เมื่อใส่ค่าละติจูดบอกพิกัดที่ตั้งโครงการ จะเกิดพื้นที่เงาตกทอดที่มีทิศทางแตกต่างกันชัดเจน ในช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 น.-17.00 น. รวม 10 ช่วงเวลาของวัน จากนั้นจะระบุปริมาณการถูกบดบังแดดที่อาคารข้างเคียงได้รับจากโครงการในแต่ละช่วงเวลา จาก 0% - 100% แบ่งเป็น 10 ระดับเช่นกัน เมื่อประมวลผลทั้งหมด อาคารข้างเคียงจะถูกบดบังแดดมี

ค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นต่อวัน 0-50% เนื่องจากจะได้รับผลกระทบการบดบังแดดเพียงครั้งวัน วิธีการนี้จะระบุอาคารข้างเคียงที่ได้รับผลกระทบและระดับการบดบังแดดได้อย่างชัดเจน

โดยสรุปผู้วิจัยเสนอแนะ ให้แบ่งระดับผลกระทบฯ เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 คือ ผู้ที่อยู่อาศัยพื้นที่หรืออาคารที่ถูกบดบังแดด 0-12.5% ถือว่าได้รับผลกระทบน้อย ระดับที่ 2 คือ ผู้ที่อยู่อาศัยพื้นที่หรืออาคารที่ถูกบดบังแดด 12.6-37.5% ถือว่าได้รับผลกระทบปานกลาง และระดับที่ 3 คือ ผู้ที่อยู่อาศัยพื้นที่หรืออาคารที่ถูกบดบังแดด 37.6-50% ถือว่าได้รับผลกระทบมาก



รูปที่ 2.29 การสร้างแบบจำลองการวัดพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากเงาอาคารข้างเคียงที่มา (สุวภา ขจรฤทธิ์, 2552 : 69)

- สรุปประเด็นที่ยังขาดหายจากงานวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้จึงได้ข้อสรุปว่า ยังคงมีประเด็นสำคัญที่สามารถทำการศึกษาต่อได้ในเรื่องปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเน้นในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของที่ตั้งซึ่งมีอาคารขนาดใหญ่บดบัง จะส่งผลเช่นไรต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยรวม ซึ่งแนวทางที่ใช้ศึกษาครั้งนี้จะใช้แนวทางเดียวกับการศึกษาในต่างประเทศ คือการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของโอกาสในการมองเห็นท้องฟ้าที่เกิดจากการประชิดและบดบังจากอาคารข้างเคียงต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับตลอดทั้งปี โดยการใช้แบบจำลอง ซึ่งจะดำเนินการในรูปแบบ Parameter study โดยการจำลองในครั้งนี้จะต่างจากการศึกษาที่ได้เคยวิจัยมาก่อนหน้านี้ และสามารถใช้อ้างอิงข้อมูลด้านการระบุปริมาณรังสีดวงอาทิตย์และการศึกษาถึงศักยภาพในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาประเมินถึงผลที่เกิดขึ้นของแบบจำลองได้ว่ามีความเปลี่ยนแปลงและเกิดผลดีผลเสียเช่นไร



### บทที่ 3

#### ระเบียบวิธีวิจัย

กระบวนการที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้รูปแบบการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เป็น Parameter Study ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 2 ส่วนคือ โปรแกรม Google Sketch up: Plug in Sun tool V2.2 และโปรแกรม Ecotect โดยทำการจำลองสภาพที่ดินขนาด 20x20 ม.ซึ่งตั้งอยู่ติดกับแนวเขตที่ดินของอาคารขนาดใหญ่ที่มีขนาดและความสูงต่างกันในแต่ละแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ในกรณีที่อาคารมีอาคารขนาดใหญ่ประชิดที่ดินมากที่สุดแบบ Worst Case Scenario โดยระยะของอาคารขนาดใหญ่จากแนวเขตที่ดินเป็นระยะน้อยที่สุดคือ 6 ม.ซึ่งเป็นไปตามข้อบังคับกฎหมายอาคารเรื่องระยะร่นของอาคารขนาดใหญ่จากแนวเขตที่ดินตามกฎหมายข้อบังคับกฎหมายกระทรวง ฉบับที่ 33 (พศ.2535) โดยที่ดินจำลองอยู่ติดกับอาคารขนาดใหญ่ที่มีระยะประชิดโดยรอบทั้ง 3 ด้าน แต่ละด้านกำหนดความสูงอาคารเป็นช่วงระดับที่เพิ่มขึ้นครั้งละ 10 เมตร ทำการวิเคราะห์การจัดวางอาคาร ทิศทางและความสูงที่ส่งผลต่อตัวแปรปริมาณการบดบังท้องฟ้า และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับต่อพื้นที่นั้นๆ

ผลการศึกษาที่ได้จากการจำลอง นำมาสรุปวิเคราะห์เพื่อสร้างเกณฑ์ประเมินปริมาณการบดบังท้องฟ้าและการได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ต่อพื้นที่ดินในระนาบทางนอน ซึ่งมีรายละเอียดระเบียบวิธีวิจัยดังนี้

#### 3.1 การจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้กำหนดรูปแบบอาคารข้างเคียงเพื่อทำการศึกษาโดยใช้ประเภทของอาคารพักอาศัยชุดขนาดใหญ่เป็นแบบจำลองอาคารข้างเคียงที่ดิน ซึ่งรูปแบบอาคารดังกล่าวได้นำมาสรุปวิเคราะห์การจัดวางอาคารต่อพื้นที่ดินดังนี้

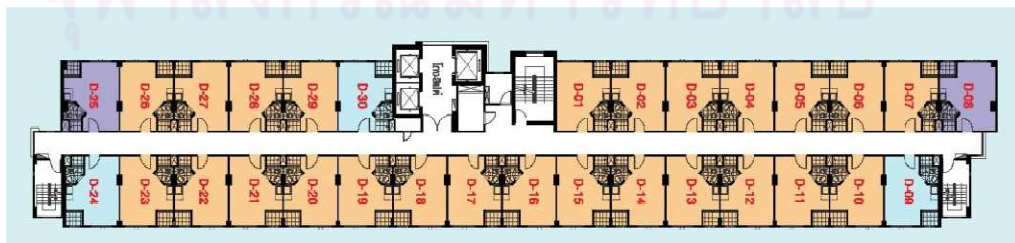
##### 3.1.1 การนำแบบอาคารจริงเพื่อสร้างแบบจำลองอาคาร

ในการวิเคราะห์รูปแบบผังอาคารที่ส่งผลต่อปริมาณการบดบังท้องฟ้าและปริมาณรังสีความร้อนนั้นได้พิจารณาโดยเน้นกลุ่มผังอาคารชุดพักอาศัยขนาดใหญ่เป็นหลัก เนื่องจากรูปแบบผังมีความแตกต่างของสัดส่วนด้านความยาวต่อความกว้างอีกทั้งมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นในเขตพื้นที่ชั้นในของกรุงเทพมหานคร โดยสามารถจัดกลุ่มผังอาคารเป็น 4 แบบหลัก ได้แก่

- 1) ผังอาคารแบบตัวไอ (I) (รูปที่ 3.1) ลักษณะอาคารจะเป็นแบบแท่งตรง โดยมีความยาวมากกว่าความกว้าง ซึ่งความกว้างและความยาวขึ้นกับขนาดช่วงเสาที่จอดรถที่สามารถจัดแบ่งพื้นที่ห้องชุดภายในได้และความยาวของอาคารมักจะมีข้อจำกัดเรื่องความยาวที่ไม่ทำให้ระยะทางจากบันไดหนีไฟ 2 ชุดห่างกันเกิน 60 เมตร ซึ่งหากต้องการให้อาคารยาวเพื่อให้ได้จำนวนห้องชุดมากขึ้น บางผังอาคารจะเพิ่มบันไดหนีไฟเพื่อแก้ปัญหา อย่างไรก็ตาม ผังอาคารแบบตัวไอที่ยาวเกินระยะ 60 เมตร มักทำให้ทางเดินภายในอาคารยาวขึ้น ผังแบบตัวไอจะเป็นผังหลักในการจัดพื้นที่ห้องภายในและแผ่กระจายไปสู่ผังอาคารแบบอื่นๆตามรูปที่ดิน



รูปที่ 3.1 อาคารที่ผังแบบตัวไอ (I)

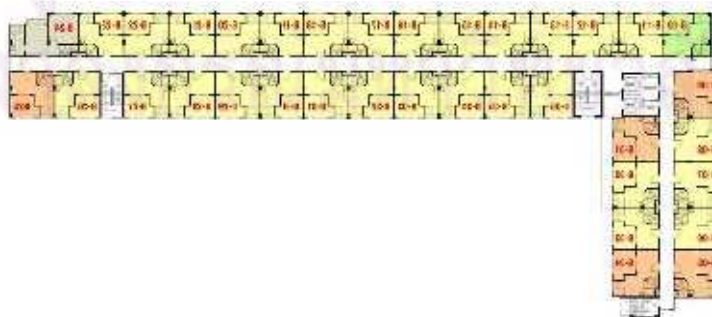


รูปที่ 3.2 ผังอาคารแบบตัวไอ (I)

2) ผังอาคารแบบตัวแอล (L) ( รูปที่ 3.3) เกิดจากการนำผังอาคารแบบแท่งตัวไอมาต่อกันเป็นมุมฉากเพื่อให้เกิดรูปทรงอาคารที่ชนกันใน 2 ทิศทาง ผังอาคารชนิดนี้อาจเกิดจากรูปแบบที่ดินที่มีผลในการวางอาคารหรือสร้างพื้นที่โอบล้อมของตัวอาคาร เพื่อการแก้ปัญหาทางด้านมุมมองหรือการสร้างร่มเงาให้แก่ตัวอาคาร



รูปที่ 3.3 ผังอาคารแบบแท่งตัวแอล (L)



รูปที่ 3.4 ผังอาคารแบบแท่งตัวแอล (L)

- 3) ผังอาคารแบบตัวแซด (Z) (รูปที่ 3.5) ผังจะเป็นทิศทางแบบเดียวกับแบบแบ่งตัวไอ แต่เกิดรูปแบบเหลี่ยมกันในแนวเส้นตรง ผังดังกล่าวมีข้อดีในเรื่องการสร้างรูปแบบอาคารให้ไม่ยาวจนเกินไปจนทำให้ทางเดินในอาคารดูไกล



รูปที่ 3.5 ผังอาคารแบบแบ่งตัวแซด (Z)



รูปที่ 3.6 ผังอาคารแบบแบ่งตัวแซด (z)

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 4 ผังอาคารแบบตัวยู (U (L+L / I+I+I) ) (รูปที่ 3.7) จะเกิดจากรูปแบบการผสมกันระหว่างผังอาคารแต่ละประเภทเช่น ผังแบบตัวแอล ผสมผังตัวไอ หรืออาจเป็นผังอาคารแบบตัวยูผังกึ่งเดี่ยว ซึ่งรูปทรงอาคารจะมีลักษณะโอบล้อมที่ดินของโครงการ หรือบางครั้งโอบล้อมที่ดินใกล้เคียงอันเนื่องมาจากรูปร่างของที่ดินที่มีผลต่อการวางผังอาคาร



รูปที่ 3.7 อาคารแบบแท่งตัวยู (U)

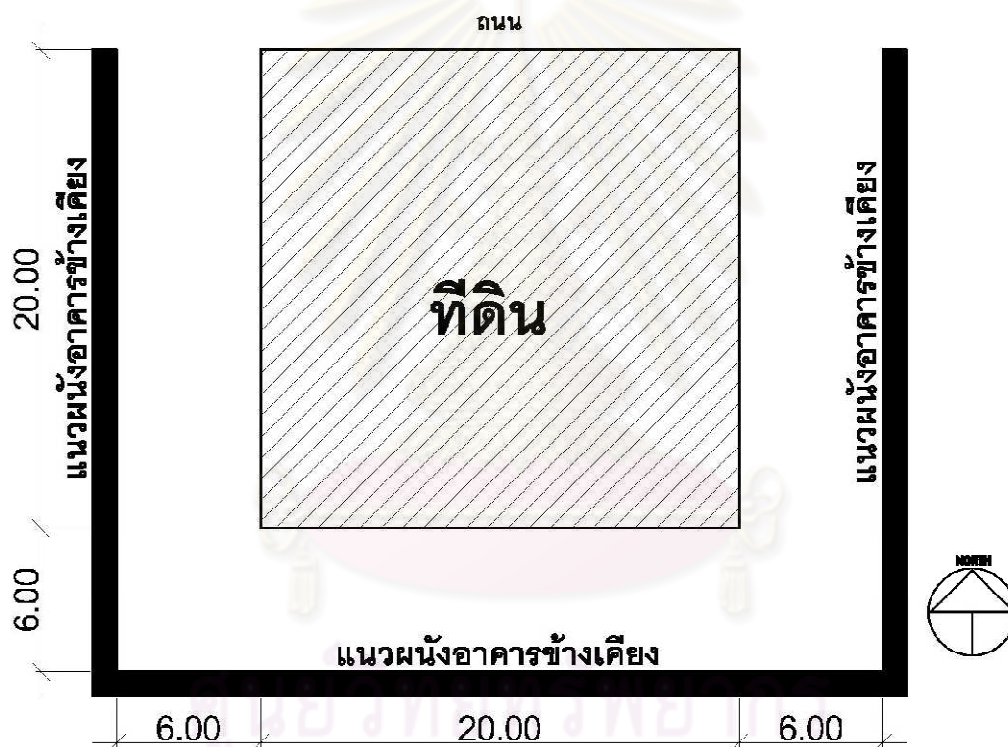


รูปที่ 3.8 ผังอาคารแบบแท่งตัวยู (U)

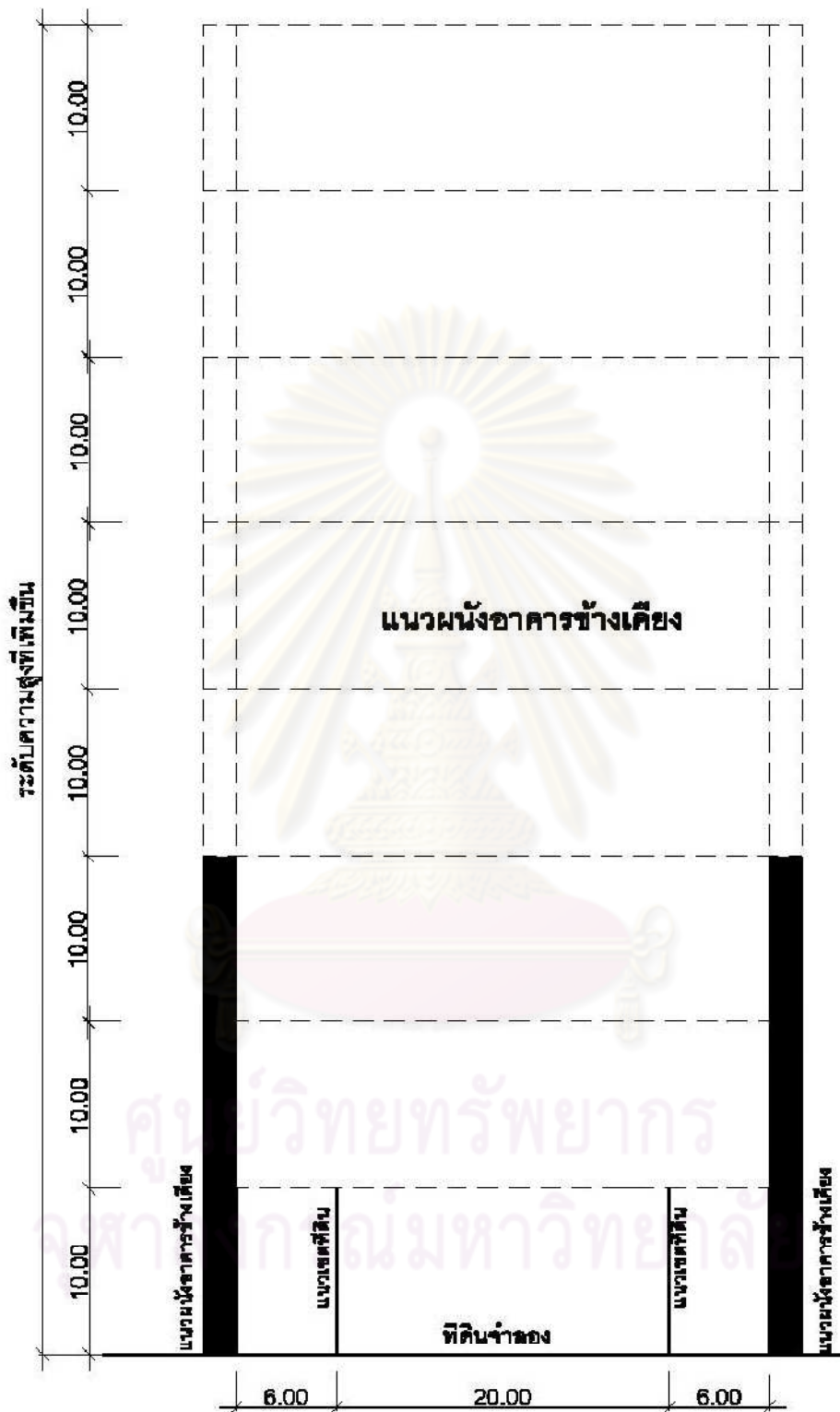
ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 3.2 ขนาดพื้นที่ตั้งสำหรับแบบจำลองที่ดิน

กำหนดพื้นที่จำลองที่ดินเป็นพื้นที่ดินขนาดแปลง 20 ม. x 20 เมตร ซึ่งเป็นที่ตั้งสำหรับบ้านพักอาศัยขนาดเล็ก โดยแนวที่ดินแต่ละด้านติดกับอาคารขนาดใหญ่ที่วันระยระน 6 ม. ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33 กำหนดไว้ โดย “ข้อ 4 ส่วนที่เป็นขอบเขตนอกสุดของอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ ไม่ว่าจะอยู่ในระดับเหนือพื้นดินหรือต่ำกว่าระดับพื้นดินต้องห่างจากเขตที่ดินของผู้อื่นหรือถนนสาธารณะไม่น้อยกว่า 6.00 เมตร ทั้งนี้ ไม่รวมถึงส่วนที่เป็นรากฐานของอาคาร” (กำหนดให้ด้านหน้า 1 ด้านเป็นพื้นที่โล่งในกรณีเป็นถนนหน้าบ้าน)



รูปที่ 3.9 แบบจำลองความสูงอาคารข้างเคียงที่ดิน ทั้ง 3 ด้าน



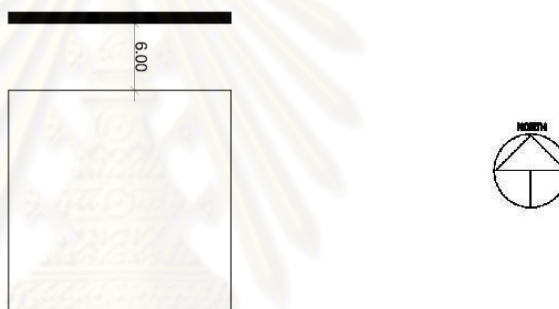
รูปที่ 3.10 รูปด้านแสดงที่ดินที่มีแนวอาคารข้างเคียงประชิดในแต่ละด้านโดยมีความสูงที่ต่างกัน

### 3.3 แบบจำลองผังอาคารข้างเคียง

นำรูปแบบผังอาคารชุดขนาดใหญ่ชนิดต่างๆ มาจัดวางเป็นแนวอาคารที่สร้างติดกับที่ตั้งจำลองโดยเว้นมีระยะร่นอาคารจากแนวเขตที่ดิน 6 เมตร ตามที่กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 กำหนดไว้ โดย “ ข้อ 4 ส่วนที่เป็นขอบเขตนอกสุดของอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ ไม่ว่าจะอยู่ในระดับเหนือพื้นดินหรือต่ำกว่าระดับพื้นดินต้องห่างจากเขตที่ดินของผู้อื่นหรือถนนสาธารณะไม่น้อยกว่า 6.00 เมตร ทั้งนี้ ไม่รวมถึงส่วนที่เป็นรากฐานของอาคาร ” มีรูปแบบดังนี้

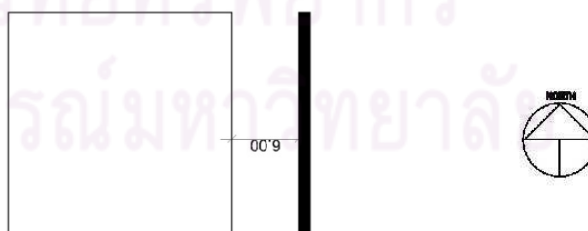
#### 3.3.1. รูปแบบที่ 1 กรณีผังอาคารเป็นตัวไอ (I)

- 1) กรณีที่ดินติดกับอาคารข้างเคียง 1 ด้านทางทิศเหนือ



รูปที่ 3.11 กรณีที่ดินติดกับแนวอาคารข้างเคียงด้านทิศเหนือ

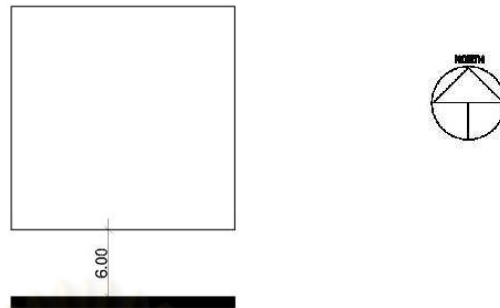
- 2) กรณีที่ดินติดกับอาคารข้างเคียง 1 ด้านทางทิศตะวันออก



รูปที่ 3.12 กรณีที่ดินจำลองติดกับแนวอาคารข้างเคียงแบบตัวไอ (I) ด้านทิศตะวันออก



3) กรณีที่ดินติดกับอาคารข้างเคียง 1 ด้านทางทิศตะวันออก



รูปที่ 3.13 กรณีที่ดินจำลองติดกับแนวอาคารข้างเคียงด้านทิศใต้

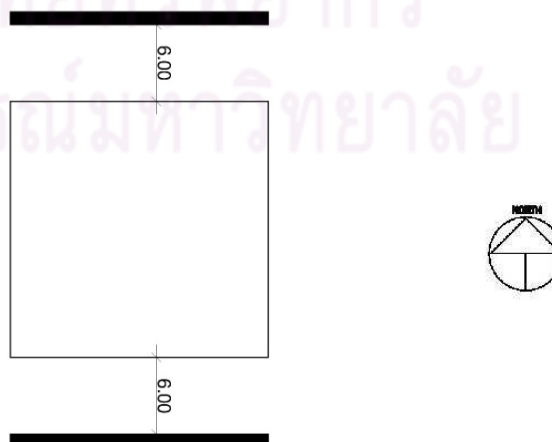
4) กรณีที่ดินติดกับอาคารข้างเคียง 1 ด้านทางทิศตะวันตกตะวันตก



รูปที่ 3.14 กรณีที่ดินติดกับแนวอาคารข้างเคียงด้านทิศตะวันตก

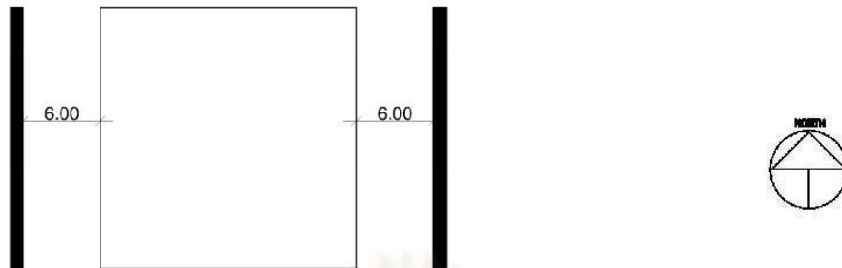
3.3.2 กรณีที่ดินจำลองติดกับผังอาคารข้างเคียงแบบตัวไอคู่ (I) ตรงข้ามที่ดินในแต่ละทิศ

1) รูปแบบที่ 1 กรณีผังอาคารเป็นตัวไอ I ขนาดที่ดิน ด้านทิศเหนือ-ใต้



รูป 3.15 กรณีที่ดินติดกับแนวอาคารข้างเคียง 2 ด้านตรงข้ามกันขนาดที่ดิน ด้านทิศเหนือ-ใต้

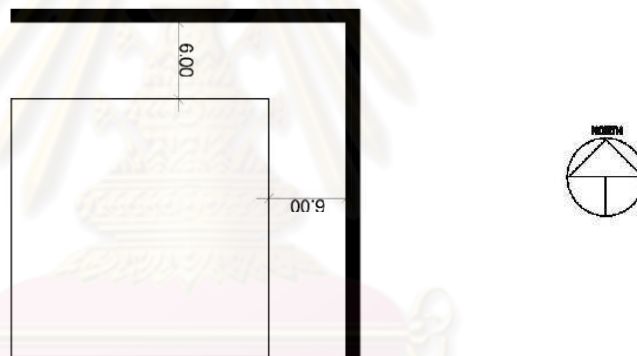
- 2) รูปแบบที่ 2 กรณีผังอาคารเป็นตัวไอ I ตรงขนานที่ดินด้านทิศ  
ตะวันออก-ตะวันตก



รูป 3.16 กรณีที่ดินติดกับแนวอาคารข้างเคียง 2 ด้านขนานที่ดิน ด้านทิศตะวันออก-ตะวันตก

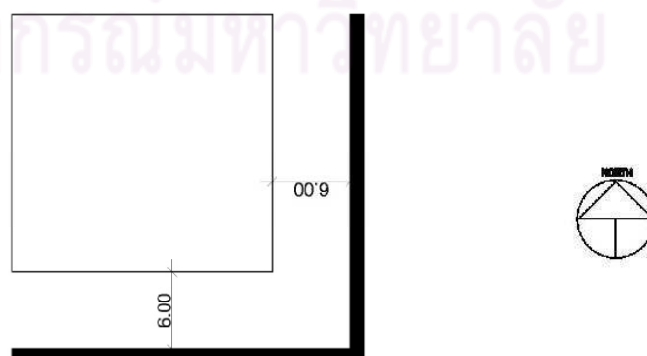
### 3.3.3 รูปแบบที่ 3 กรณีผังอาคารแบบตัวแอล(L) ประชิดมุมที่ดิน

- 1) กรณีที่ดินมีแนวอาคารข้างเคียง 2 ด้านประชิดด้านทิศเหนือ-ตะวันออก



รูป 3.17 กรณีที่ดินมีอาคารข้างเคียง 2 ด้านประชิดมุมที่ดินด้านทิศเหนือ-ตะวันออก

- 2) กรณีที่ดินมีแนวอาคารข้างเคียง 2 ด้านประชิดมุมที่ดินทางทิศ  
ตะวันออก-ใต้



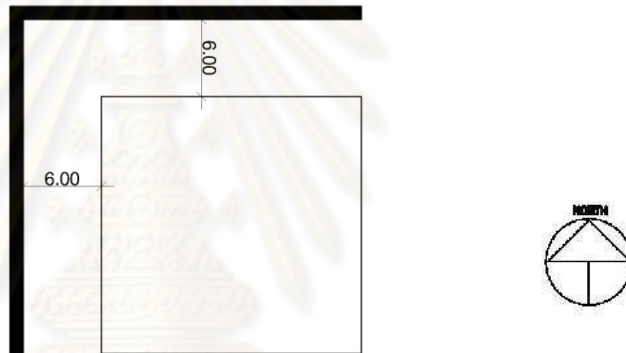
รูป 3.18 กรณีที่ดินมีแนวอาคารข้างเคียง 2 ด้านประชิดมุมที่ดินด้านทิศตะวันออก-ใต้

3) กรณีที่ดินมีแนวอาคารข้างเคียง 2 ด้านประชิดมุมที่ดินด้านทิศใต้-ตะวันตก



รูป 3.19 กรณีที่ดินมีแนวอาคารข้างเคียง 2 ด้านประชิดมุมที่ดินด้านทิศใต้-ตะวันตก

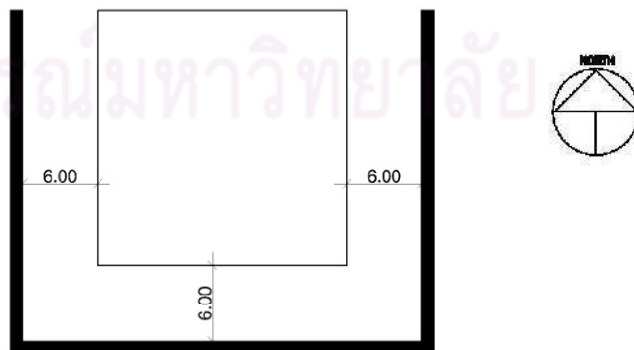
4) กรณีที่ดินมีแนวอาคารข้างเคียง 2 ด้านประชิดมุมที่ดินด้านทิศตะวันตก-เหนือ



รูป 3.20 กรณีที่ดินมีแนวอาคารข้างเคียง 2 ด้านประชิดด้านทิศตะวันตก-เหนือ

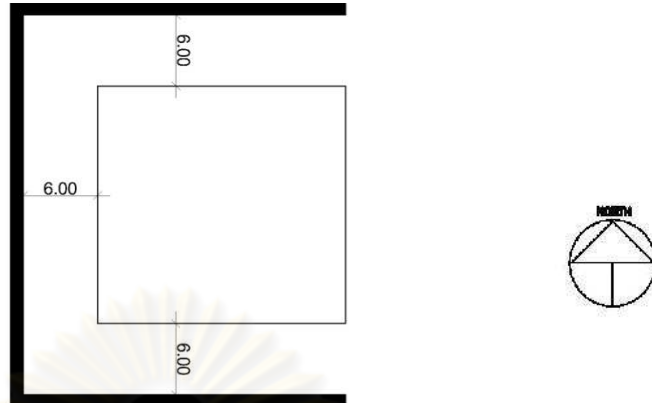
3.3.4 รูปแบบที่ 4 กรณีผังอาคารเป็นตัวยู ( $U = L + I$ )

1) กรณีที่ดินมีแนวอาคารล้อมรอบ 3 ด้านโดยมีด้านหน้าโล่ง 1 ด้านทางทิศเหนือ



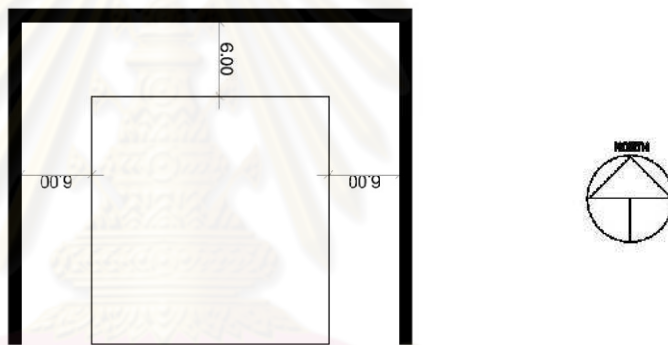
รูป 3.21 กรณีที่ดินมีแนวอาคารล้อมรอบ 3 ด้านโดยมีด้านหน้าโล่ง 1 ด้านทางทิศเหนือ

- 2) กรณีที่ดินมีแนวผนังอาคารล้อมรอบ 3 ด้านโดยมีด้านหน้าโล่ง 1 ด้านทางทิศตะวันออก



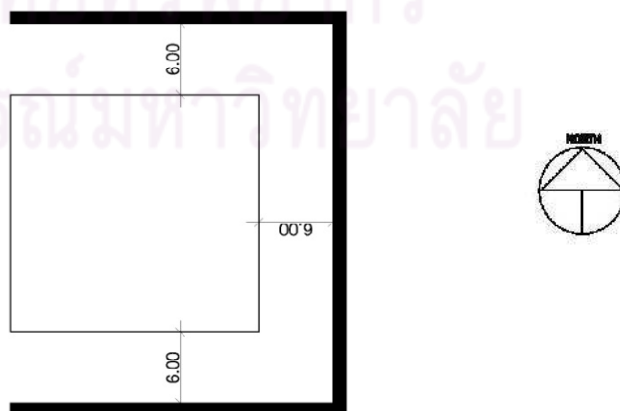
รูป 3.22 กรณีที่ดินมีแนวอาคารล้อมรอบ 3 ด้านโดยมีด้านหน้าโล่ง 1 ด้านทางทิศตะวันออก

- 3) กรณีที่ดินมีแนวอาคารล้อมรอบ 3 ด้านโดยมีด้านหน้าโล่ง 1 ด้านทางทิศใต้



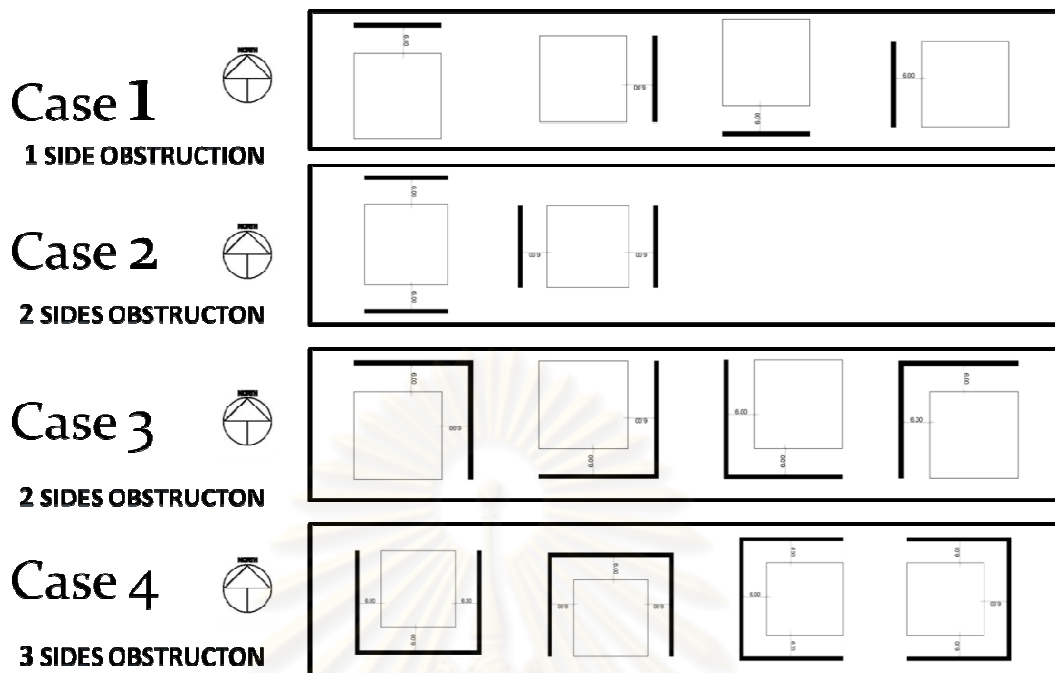
รูป 3.23 กรณีที่ดินมีแนวอาคารล้อมรอบ 3 ด้านโดยมีด้านหน้าโล่ง 1 ด้านทางทิศใต้

- 4) กรณีที่ดินมีแนวผนังอาคารล้อมรอบ 3 ด้านโดยมีด้านหน้าโล่ง 1 ด้านทางทิศตะวันตก

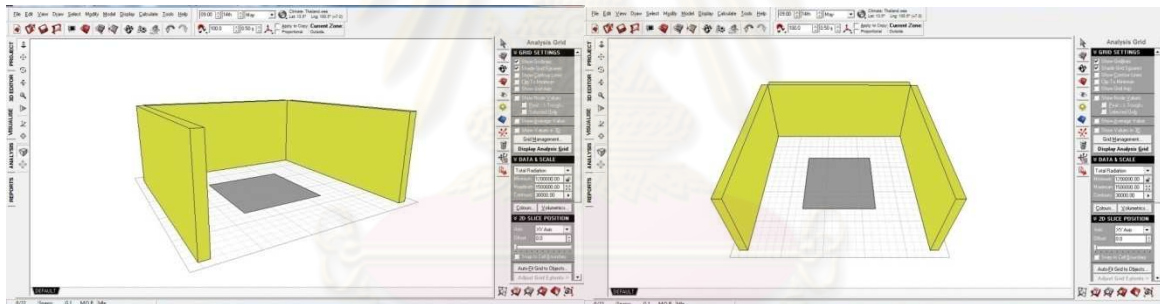


รูป 3.24 กรณีที่ดินมีแนวผนังอาคารล้อมรอบ 3 ด้านโดยมีด้านหน้าโล่ง 1 ด้านทางทิศตะวันตก

### 3.3.5 สรุปรูปทรงแบบจำลองอาคาร 3 มิติ



รูปที่ 3.25 แบบจำลองแนวอาคารข้างเคียง



รูปที่ 3.26 แบบจำลองแนวอาคารข้างเคียง 3 ด้านติดพื้นที่ดิน

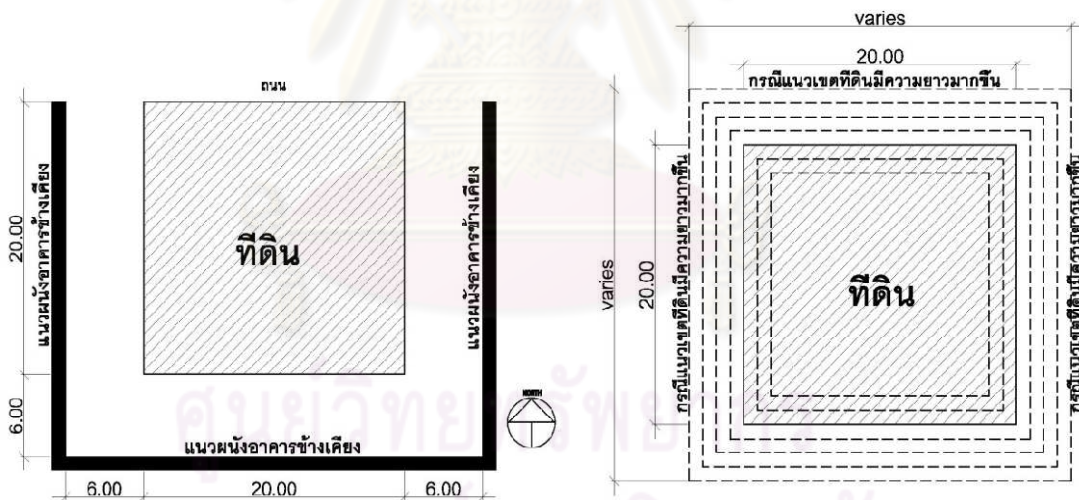
### 3.4 ชุดความสูงของแบบจำลองเพื่อการคำนวณปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าและปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์

ระดับความสูงของอาคารข้างเคียงจากแบบจำลองทั้งหมดถูกกำหนดให้เพิ่มระดับความสูงครั้งละ 10 เมตร ตามช่วงความสูงดังนี้

- ระดับความสูงช่วงที่ 1 ตั้งแต่ 0 เมตร -100 เมตร
- ระดับความสูงช่วงที่ 2 ตั้งแต่ 110 เมตร - 200 เมตร
- ระดับความสูงช่วงที่ 3 ที่ระดับ 250 และ 300 เมตร

### 3.5 การตรวจสอบแบบจำลองที่ดินก่อนใช้งาน

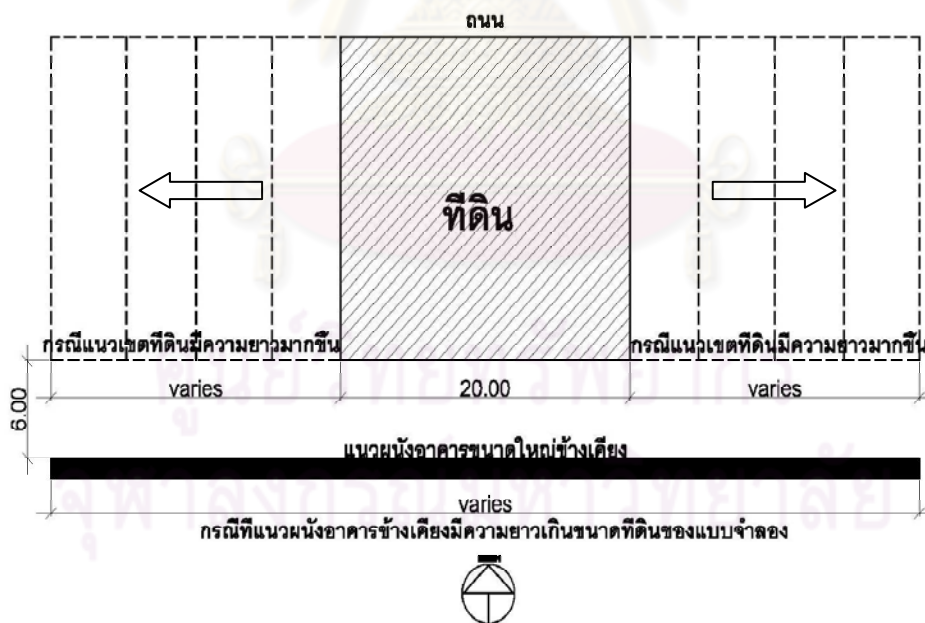
เนื่องจากได้กำหนดพื้นที่ดินจำลองเป็นที่สำหรับปลูกสร้างบ้านพักอาศัยโดยมีขนาดแปลงที่ดิน 100 ตร.วา และมีขนาดสัดส่วนที่ดิน 20 x 20 ม. ซึ่งเป็นรูปผืนที่ดินสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งผู้วิจัยได้พิจารณาและสรุปว่ามีความเหมาะสมกว่ากรณีที่ดินมีขนาดแตกต่างกันในด้านสัดส่วนความกว้างต่อความยาว ซึ่งเงื่อนไขดังกล่าวจะส่งผลต่อการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนขึ้น ดังนั้นหากพิจารณาใช้แบบจำลองของที่ดินนี้ ไปเปรียบเทียบกับกรณีที่ดินรูปร่างของที่ดินมีขนาดเปลี่ยนแปลงจากแบบจำลอง โดยยังคงสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงที่เท่ากันแบบผืนที่ดินสี่เหลี่ยมจัตุรัสไว้ จะสามารถประยุกต์ใช้การพยากรณ์ความสัมพันธ์ของปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่ดินได้ แต่ในส่วนของคุณค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่ที่ดินนั้น จะแตกต่างกันเนื่องจากเมื่อนำพื้นที่ย่อยภายในซึ่งถูกแบ่งเป็นตารางขนาดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเล็กของผืนที่ดินทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยทางสมการคณิตศาสตร์ จะมีจำนวนค่าของที่ใช้ในการคำนวณมากขึ้น ซึ่งทำให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าไม่เท่ากัน แต่อย่างไรก็ตามในประเด็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าและปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับจะเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มเดียวกัน



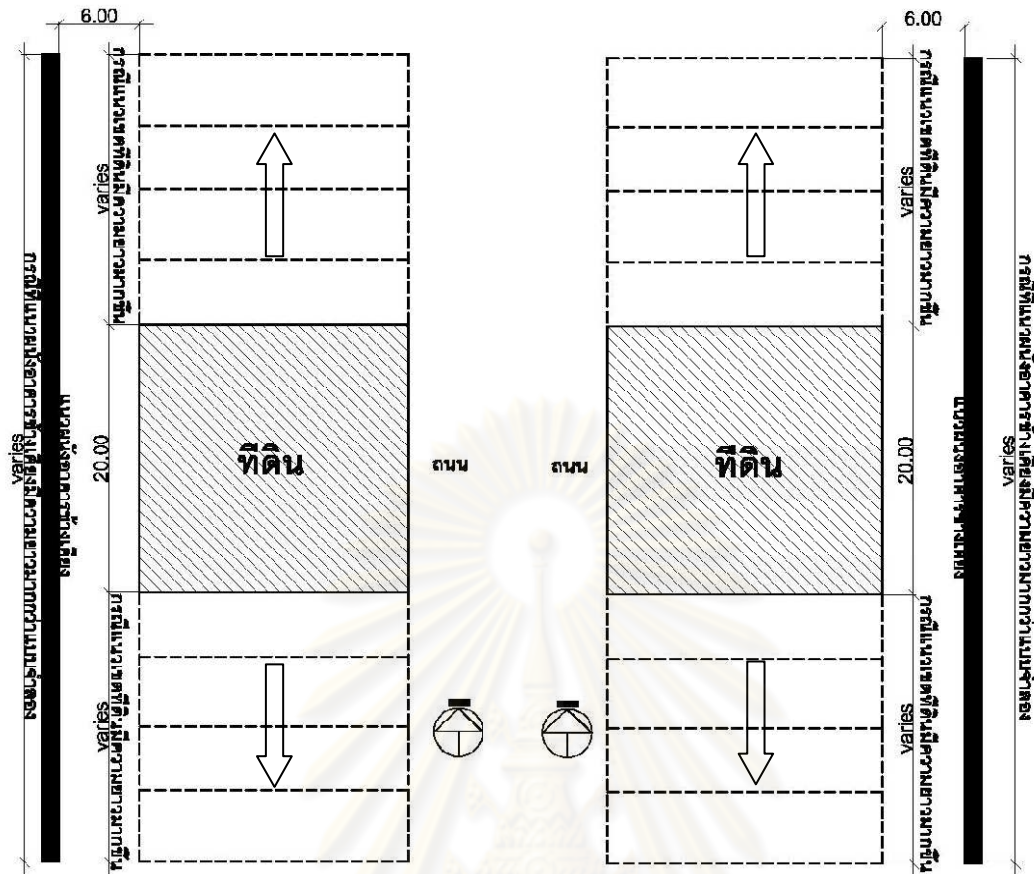
รูปที่ 3.27 กรณีที่ดินและอาคารข้างเคียงมีขนาดความยาวเปลี่ยนแปลงโดยยังคงมีสัดส่วนผืนที่ดินเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส



รูปที่ 3.28 กรณีที่ดินและอาคารข้างเคียงมีขนาดความยาวเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 3.29 กรณีที่ดินและอาคารข้างเคียงมีขนาดความยาวเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 3.30 กรณีที่ดินและอาคารข้างเคียงมีขนาดความยาวเปลี่ยนแปลง

ในกรณีที่ฝั่งที่ดินมีขนาดความยาวมากขึ้นในแต่ละทิศ การสร้างแบบจำลองแนวอาคารข้างเคียงจะมีขนาดเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดที่ดิน การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าของโดมท้องฟ้าจำลองจะแตกต่างจากกรณีที่ดินเป็นฝั่งสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งทำให้การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีความซับซ้อนขึ้น ดังนั้นจึงได้กำหนดให้ขนาดที่ดินควรเป็นฝั่งสี่เหลี่ยมจัตุรัสเพื่อลดเงื่อนไขในการพิจารณาประเด็นความยาวที่ดินและอาคารข้างเคียงมีขนาดต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างเกณฑ์ในการประเมินรูปแบบอาคารข้างเคียงที่มีผลต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ จะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังนี้

- 1) การประเมินโดยใช้เกณฑ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้า(Visible Sky) ด้วยโปรแกรม Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0) โดยนำปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าของแต่ละกรณี ไปสร้างสมการพยากรณ์ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับโปรแกรม ECOTECT 2011
- 2) การประเมินโดยใช้เกณฑ์รูปแบบความสูงของอาคารข้างเคียง ด้วยการคำนวณด้วยโปรแกรม ECOTECT 2011 ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบความสูงของอาคารข้างเคียงที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์

#### 3.6.1 การวัดปริมาณการบังท้องฟ้า โดยโปรแกรม Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)

โปรแกรม Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0) เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติของรูปทรงต่างๆ เป็นโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาจาก Google โดยการใช้งานหมวด Plug in Sun tool นั้น ที่ต้องทำการติดตั้งเพิ่มเติมร่วมกับโปรแกรม Google sketch up โดยการดาวน์โหลดโปรแกรมเพิ่มเติม

- สภาพท้องฟ้า
  - สำหรับการคำนวณปริมาณการมองเห็นท้องฟ้า (Visible Sky)
 

ไม่กำหนดสภาพท้องฟ้าในการคำนวณปริมาณการมองเห็นท้องฟ้า เนื่องจากการระบุปริมาณดังกล่าวขึ้นอยู่กับสภาพของกลุ่มอาคารที่บังท้องฟ้าในลักษณะใดมท้องฟ้า
  - สำหรับการคำนวณปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ (Total Solar Radiation)
 

ใช้สภาพท้องฟ้าแบบ Overcast Sky โดยโปรแกรมการคำนวณจะใช้ข้อมูลจากพิกัดที่ตั้งของประเทศไทย และช่วงเวลาตลอดทั้งปีของสภาพบรรยากาศท้องฟ้าที่มีการเก็บบันทึกข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ทั้งรังสีตรงและรังสีกระจาย

- ช่วงเวลา

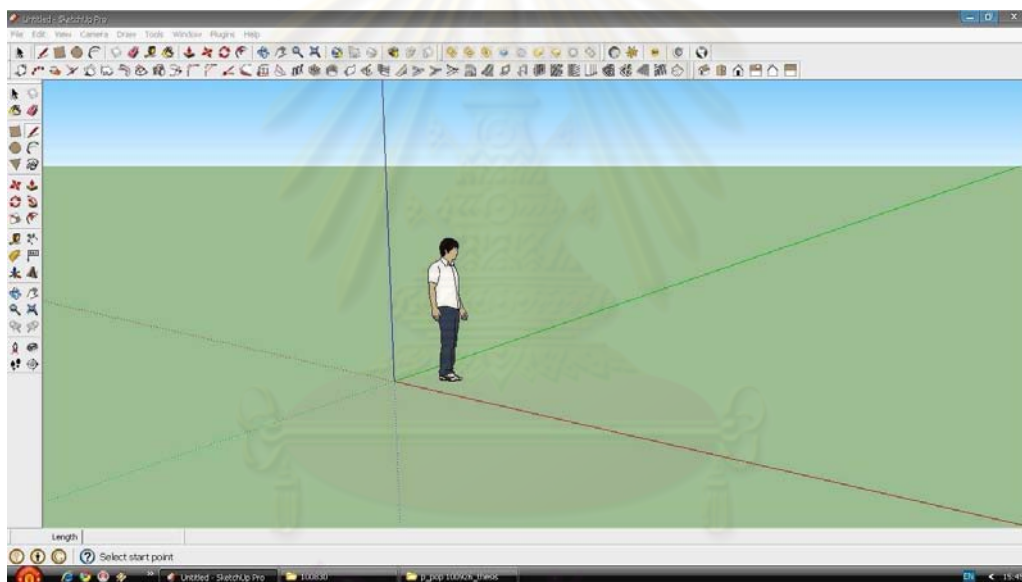
เนื่องจากเวลาพระอาทิตย์ขึ้นและตกจะแตกต่างกันตามฤดูกาลในแต่ละปี เพื่อความที่เหมาะสมในการคำนวณของโปรแกรม จึงกำหนดช่วงเวลา ตั้งแต่ 6.00-18.00 น. เพื่อให้การคำนวณในแต่ละกรณีสามารถประเมินภาพรวมของแต่ละแบบจำลองได้รวดเร็วและเหมาะสมกับช่วงเวลาในการวิจัย

- ตำแหน่งที่วัด

กำหนดให้วัดทั้งบริเวณของพื้นดินจำลองขนาด 20 x 20 ม.เนื่องจากระบุเป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ของที่ดินเฉลี่ยตลอดทั้งปี

- การใช้งานโปรแกรม Google sketch up Plug in solar tool

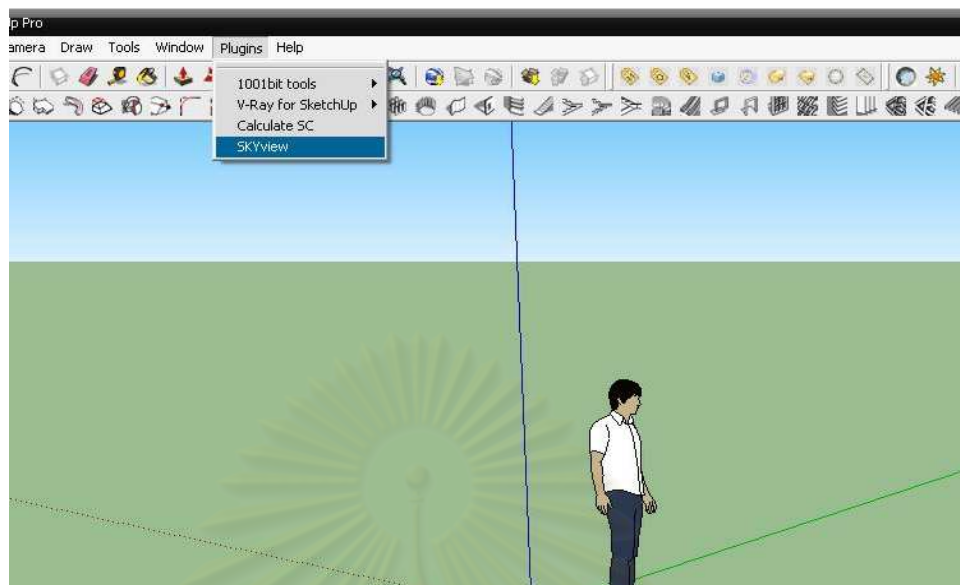
- 1) การเริ่มใช้งานโปรแกรม Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)



รูปที่ 3.31 หน้าจอการเริ่มใช้งานโปรแกรม

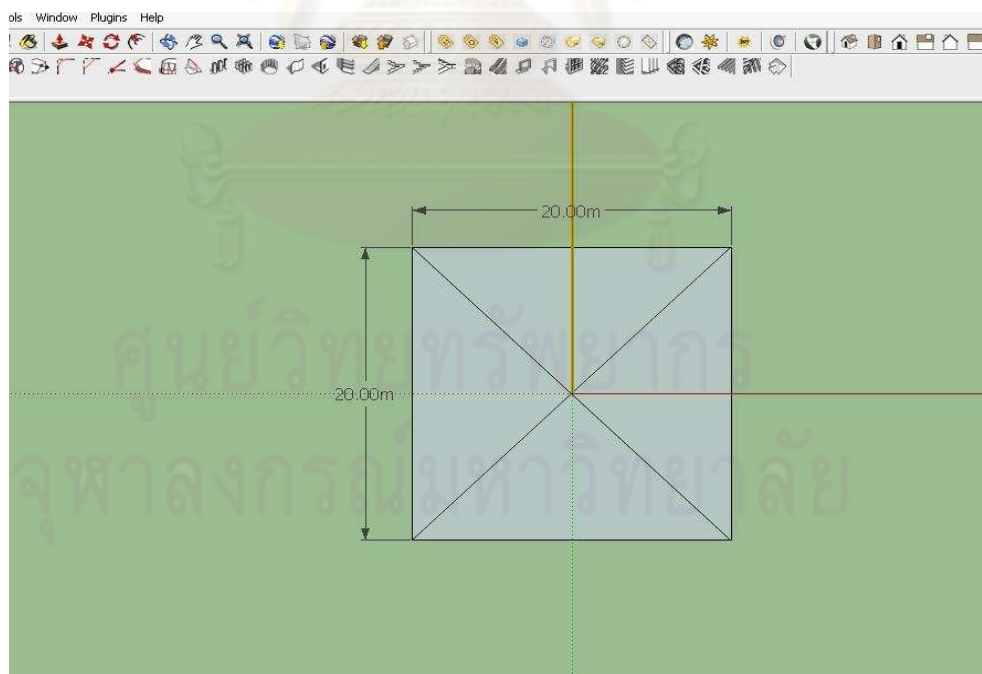
ที่มา : Google SketchUp : SunTools Plugin (V2.0)

2) เลือกโหมดการทำงานในส่วน Plug in Sky view



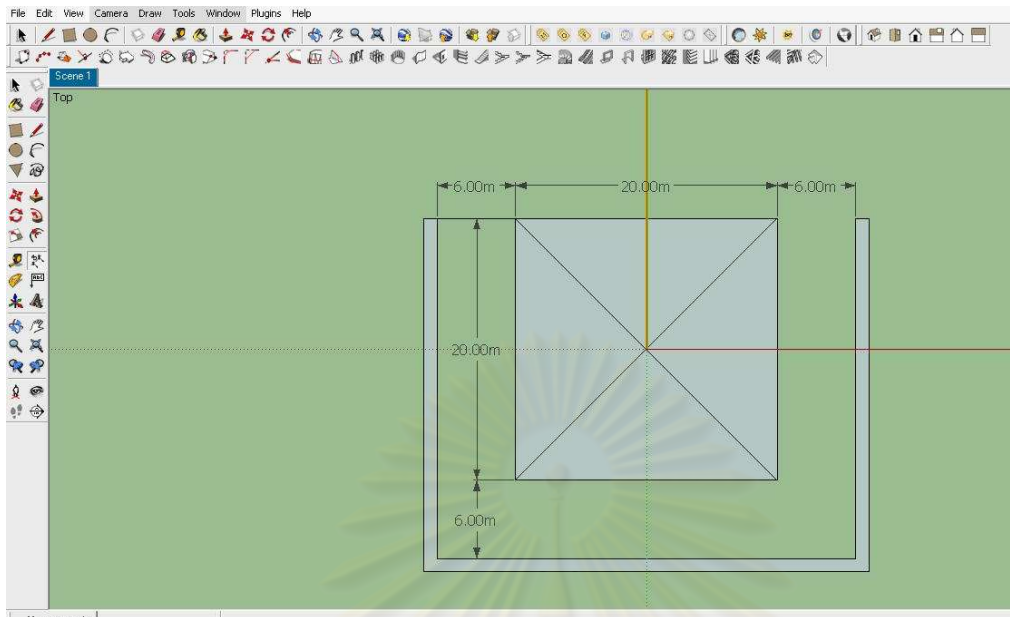
รูปที่ 3.32 ตำแหน่งโหมดการใช้งาน Plug in Solar tool  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)

3) การสร้างแบบจำลองที่ดินขนาด 20x20 เมตร

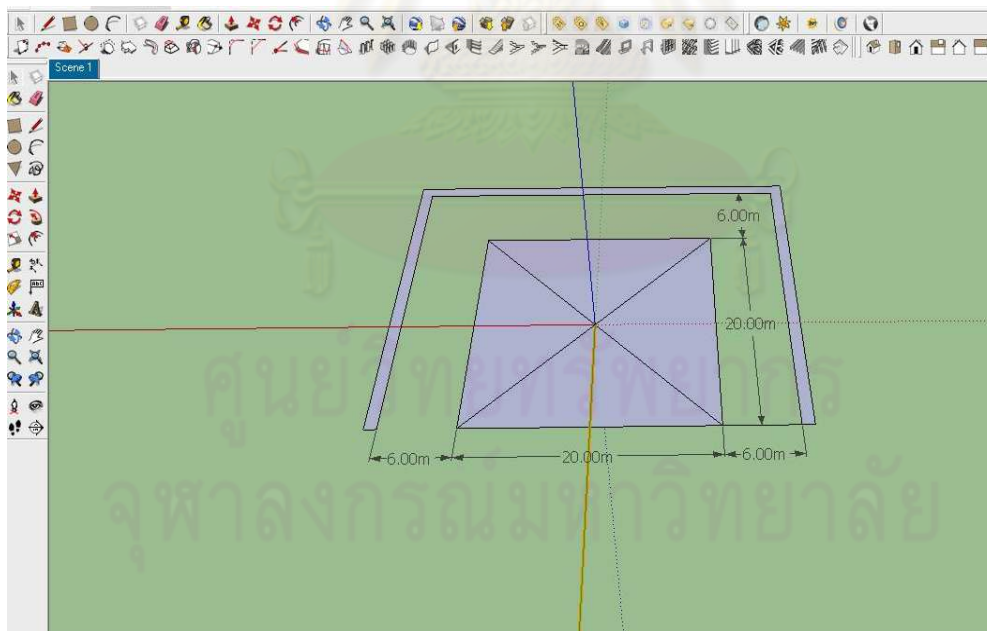


รูปที่ 3.33 แบบจำลองที่ดินขนาด 20x20 เมตร  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)

4) การสร้างแนวอาคารข้างเคียงที่ดิน (ยกตัวอย่างกรณีที่มีแนวอาคารข้างเคียง 3 ด้าน)

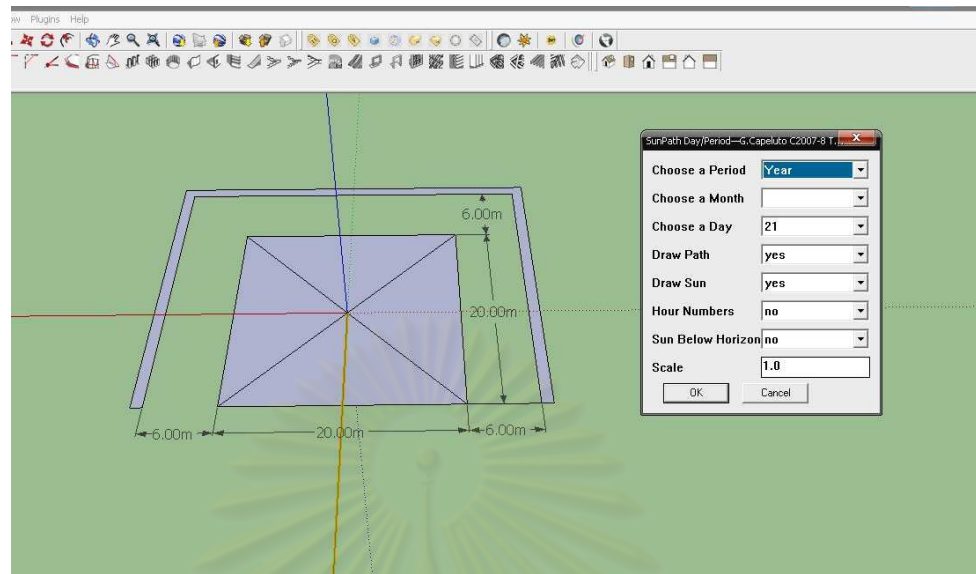


รูปที่ 3.34 ตำแหน่งแนวอาคารข้างเคียงที่ดิน  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)



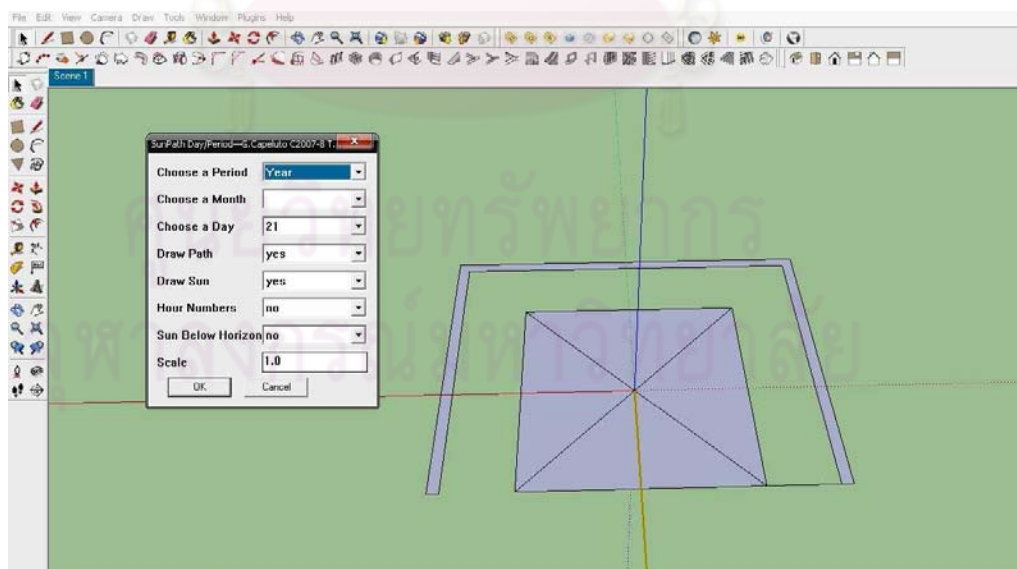
รูปที่ 3.35 มุมมองของแบบจำลอง 3 มิติที่มองจากด้านบน  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)

5) การสร้างโดมท้องฟ้าจำลอง

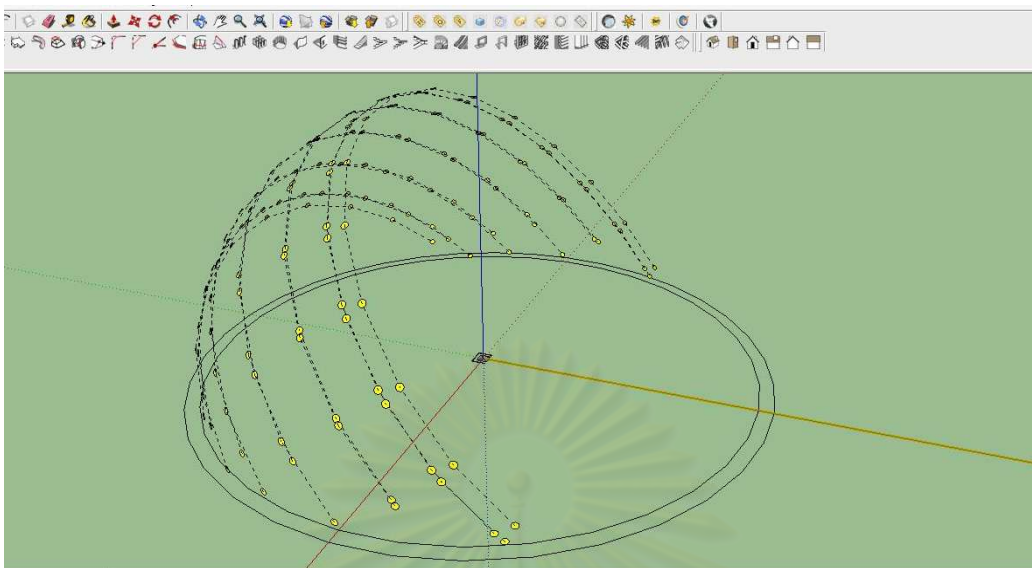


รูปที่ 3.36 หน้าจอเมื่อเข้าโหมดการกำหนดขนาดของโดมท้องฟ้าสำหรับที่ดินจำลอง  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)

6) การปรับขนาด Scale เพื่อให้พื้นที่โดมท้องฟ้ามีขนาดครอบคลุมแบบจำลองของความสูงอาคาร 300 เมตร โดยในอัตราส่วน 10 ที่กำหนดคือความสูงท้องฟ้า 1,000 เมตร

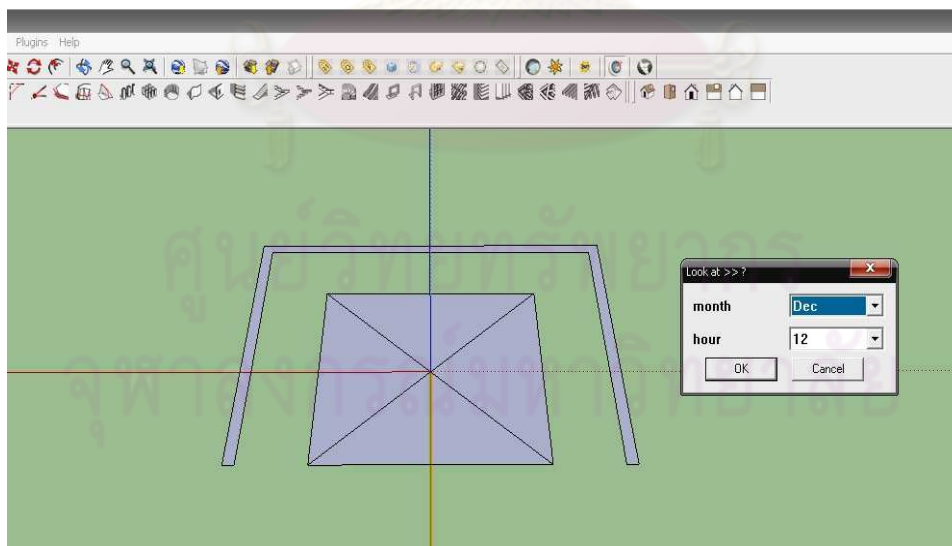


รูปที่ 3.37 มุมมองของแบบจำลอง 3 มิติที่มองจากด้านบน  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)

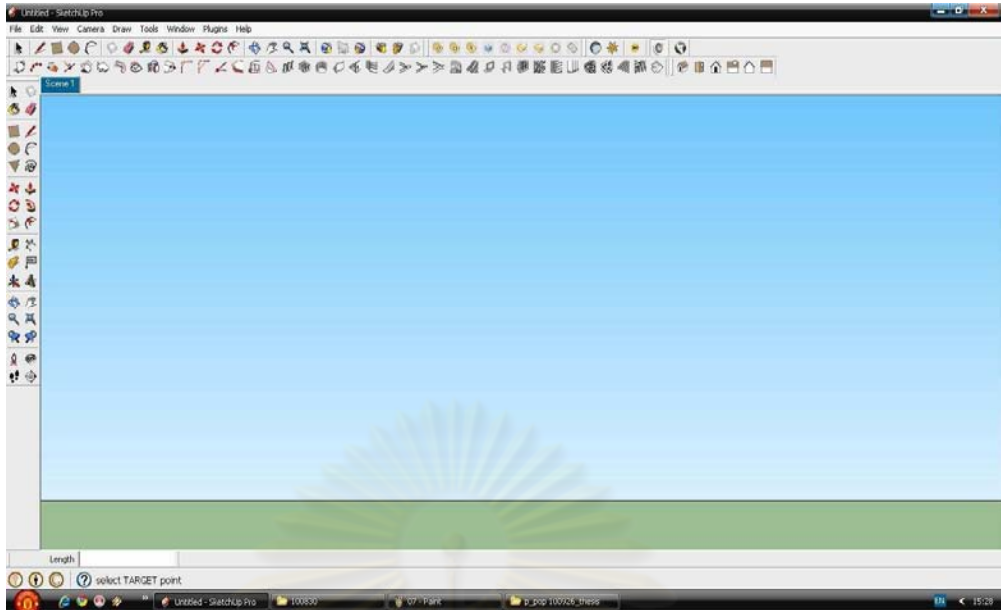


รูปที่ 3.38 มุมมองของแบบจำลอง 3 มิติที่มองจากด้านบน  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)

- 7) การกำหนดจุดอ้างอิงในการมองท้องฟ้า โดยในกรณีนี้ กำหนดให้ตำแหน่งวัตถุอยู่กึ่งกลางที่ดิน



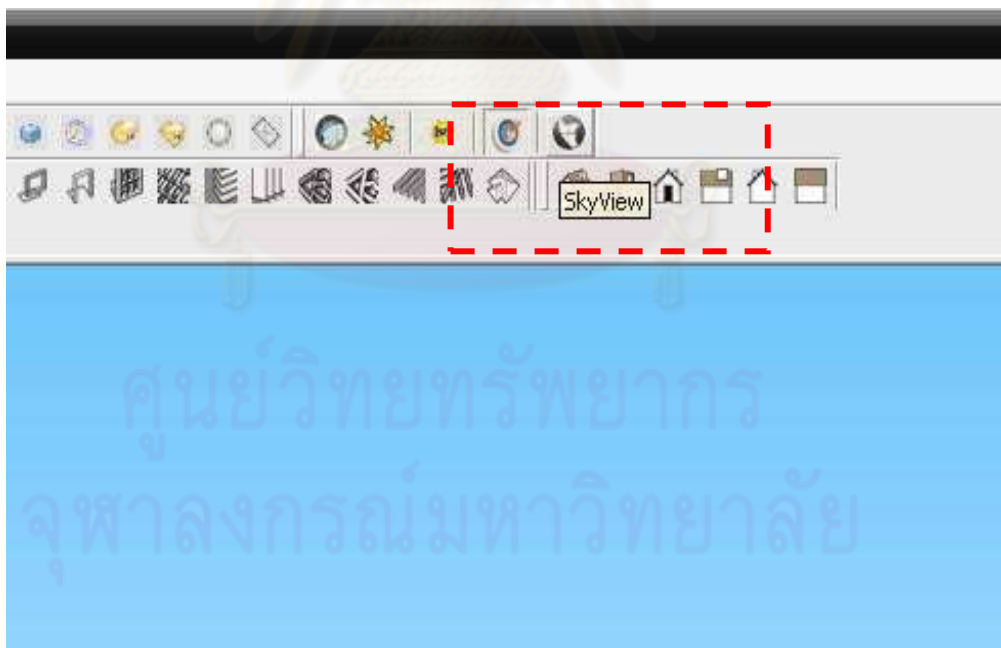
รูปที่ 3.39 มุมมองของแบบจำลอง 3 มิติที่มองจากด้านบน  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)



รูปที่ 3.40 มุมมองของแบบจำลอง 3 มิติที่มองจากระดับสายตา  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)

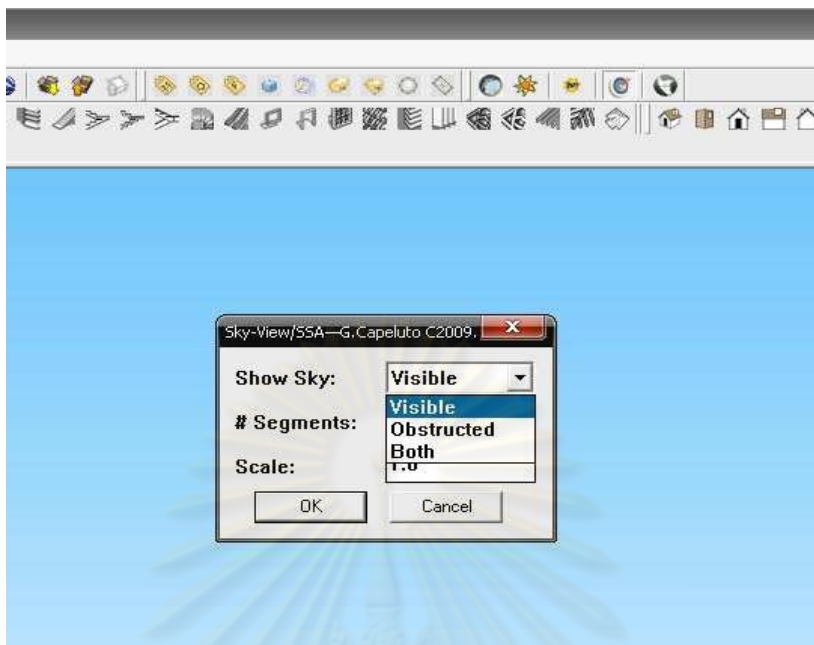
#### 8) การเลือกโหมดการคำนวณ Sky View

โ



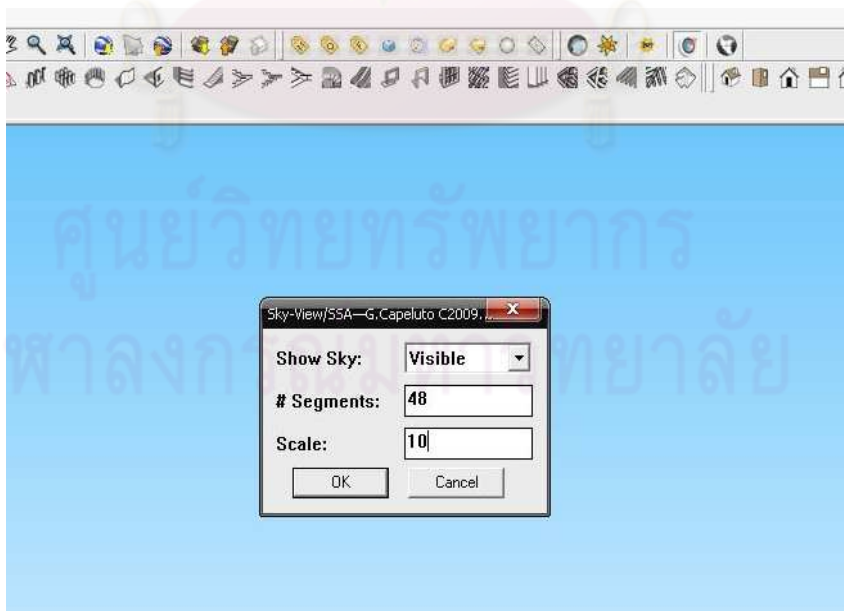
รูปที่ 3.41 โหมดการคำนวณ Sky View  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)

9) เลือกโหมดการคำนวณ โหมดการคำนวณ Visible Sky



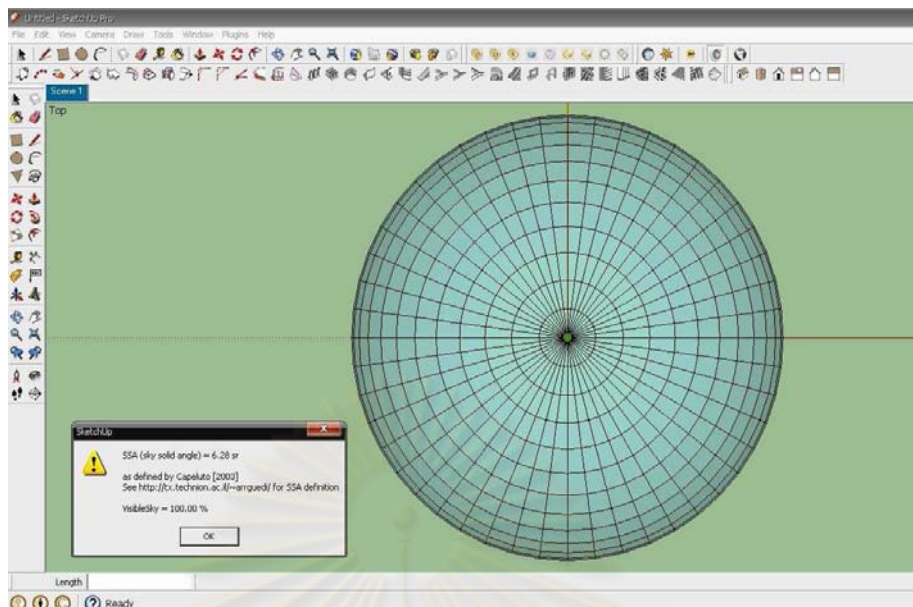
รูปที่ 3.42 การเลือกโหมดโหมดการคำนวณ Visible Sky  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)

10) การกำหนดขนาด Scale โดมท้องฟ้าให้เหมาะสมกับความสูงของแบบจำลอง

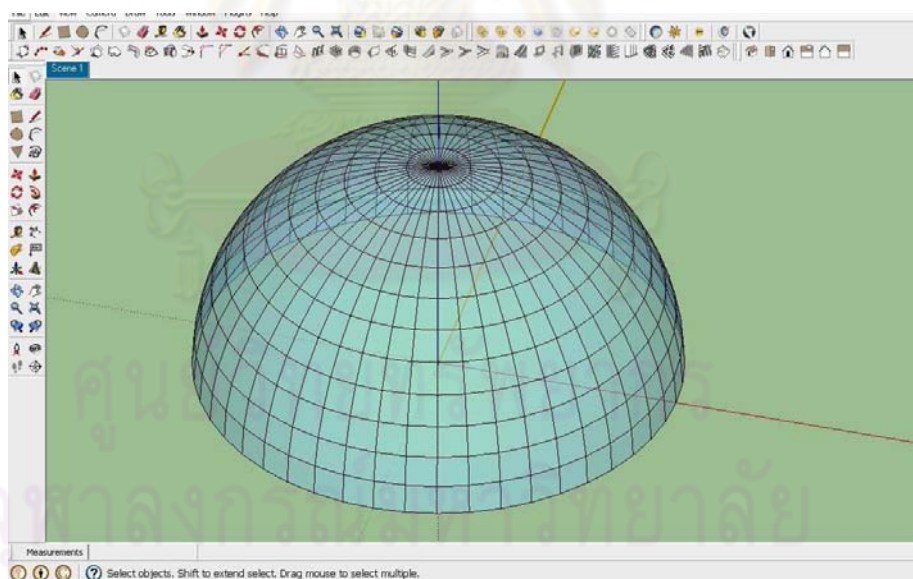


รูปที่ 3.43 การกำหนดขนาด Scale ของโดมท้องฟ้า  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)



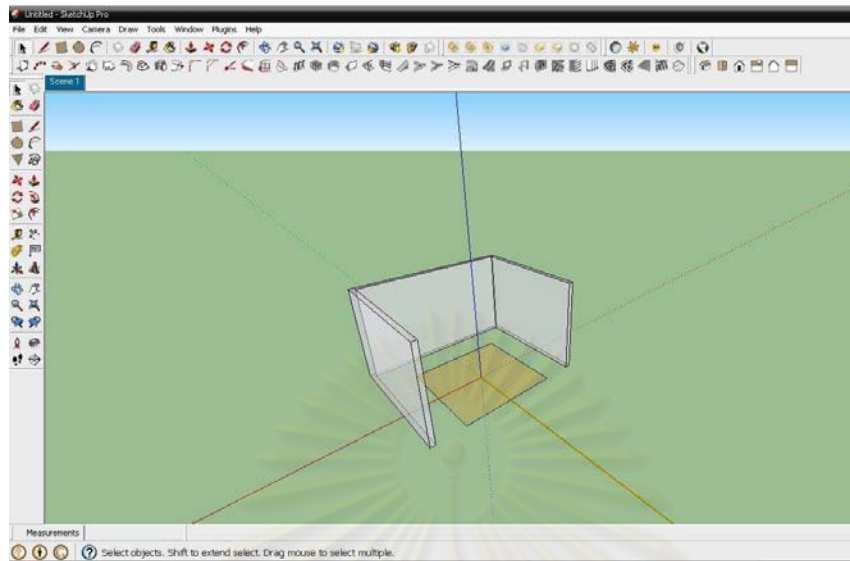


รูปที่ 3.44 มุมมองของแบบจำลอง 3 มิติที่มองจากด้านบน  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)



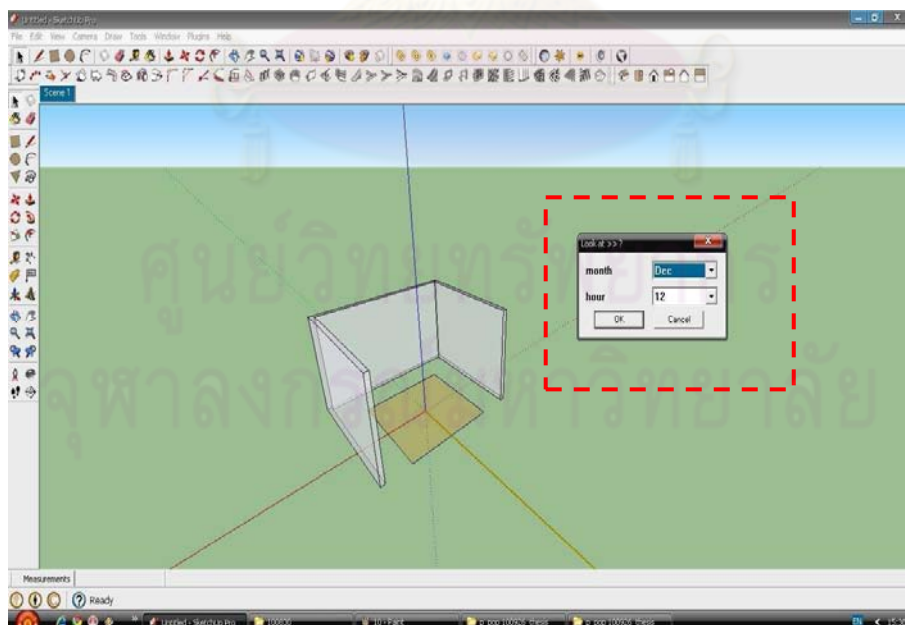
รูปที่ 3.45 มุมมองของแบบจำลอง 3 มิติ  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)

11) การกำหนดตำแหน่งในการมองท้องฟ้าจากฝั่งที่ดิน

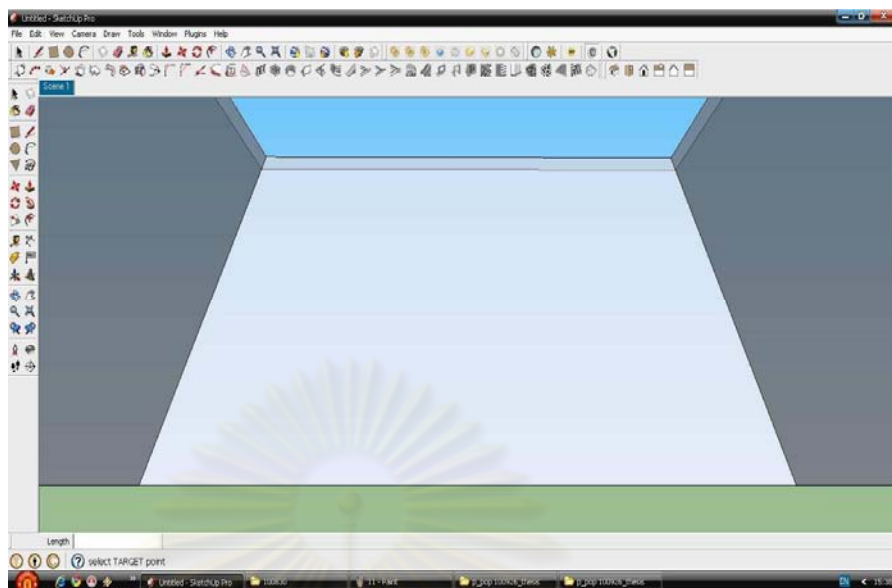


รูปที่ 3.46 การกำหนดตำแหน่งในการมองท้องฟ้าจากฝั่งที่ดิน  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)

12) การกำหนดขนาดของโดมท้องฟ้าให้แบบจำลอง

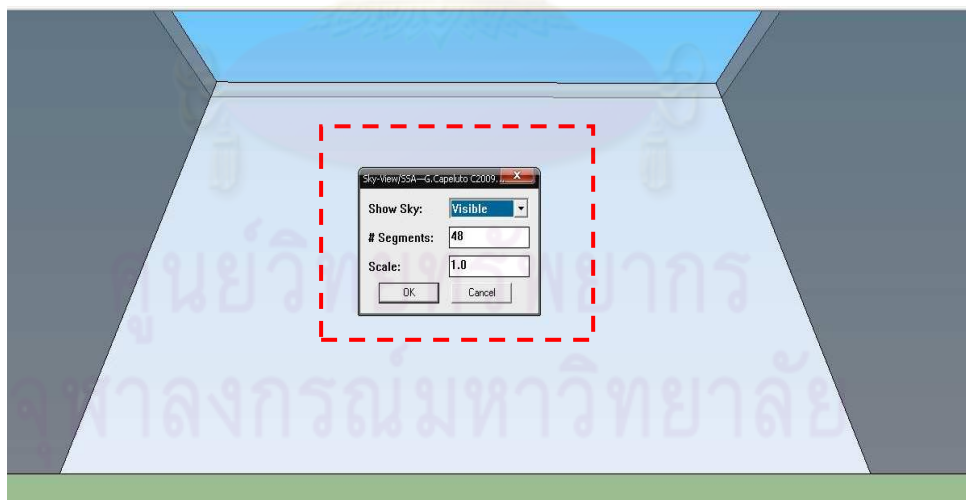


รูปที่ 3.47 การกำหนดขนาดของโดมท้องฟ้าให้แบบจำลอง  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)



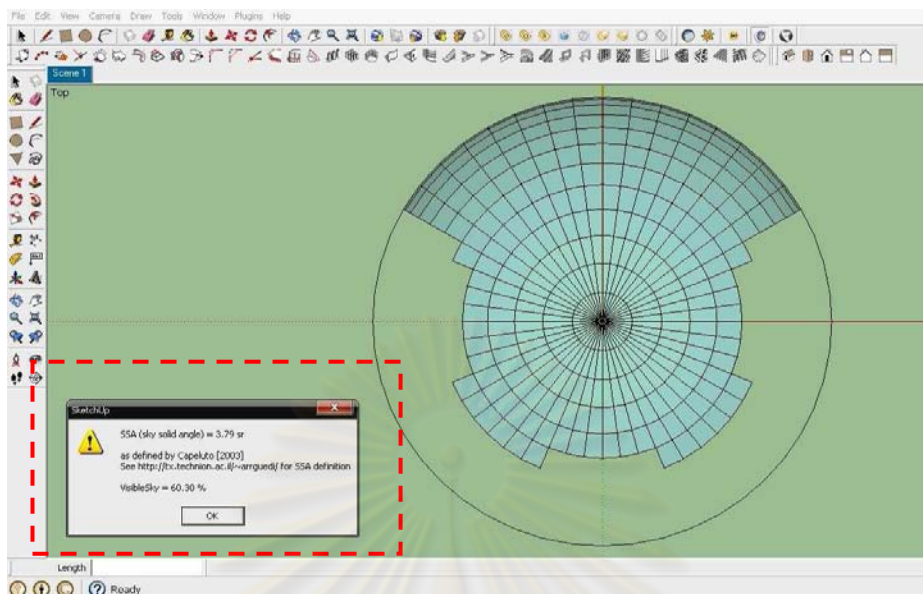
รูปที่ 3.48 มุมมองของแบบจำลอง 3 มิติที่มองจากที่ดิน  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)

13) การปรับการแสดงผลรูปแบบการมองท้องฟ้าขึ้นด้านบน



รูปที่ 3.49 การปรับการแสดงผลรูปแบบการมองท้องฟ้าขึ้นด้านบน  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)

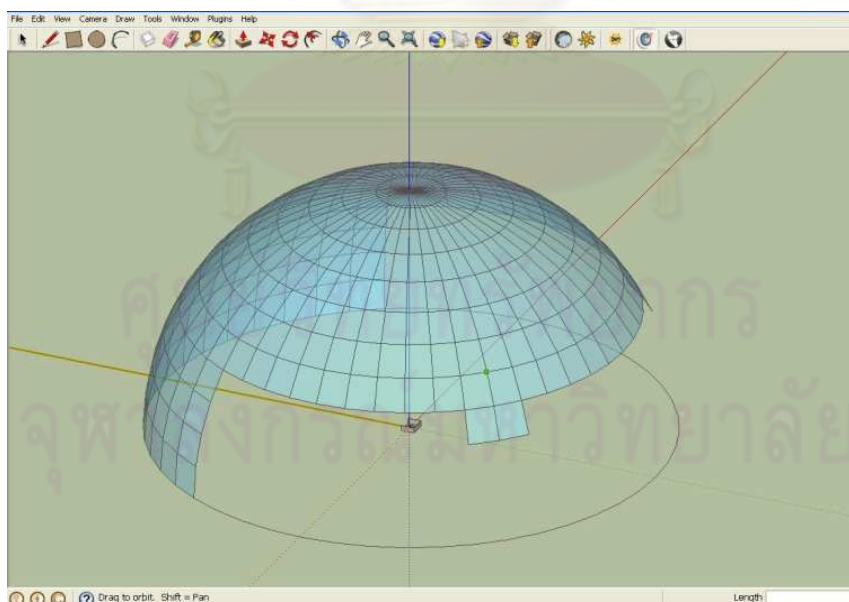
14) เมื่อการคำนวณผลปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าเสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 3.50 เมื่อการคำนวณผลปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าเสร็จสมบูรณ์

ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)

15) ตรวจสอบมุมมองของท้องฟ้ากับแบบจำลองอาคาร

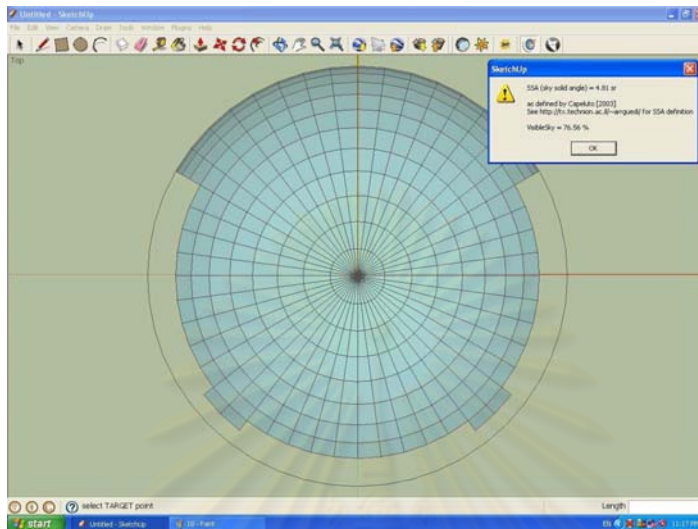


รูปที่ 3.51 ตรวจสอบมุมมองของท้องฟ้ากับแบบจำลองอาคาร

ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)

- การวิเคราะห์ผล

การคำนวณจะแสดงปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าซึ่งจะระบุเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ ปริมาณที่คำนวณจากโปรแกรมจะแสดงค่าดังรูป



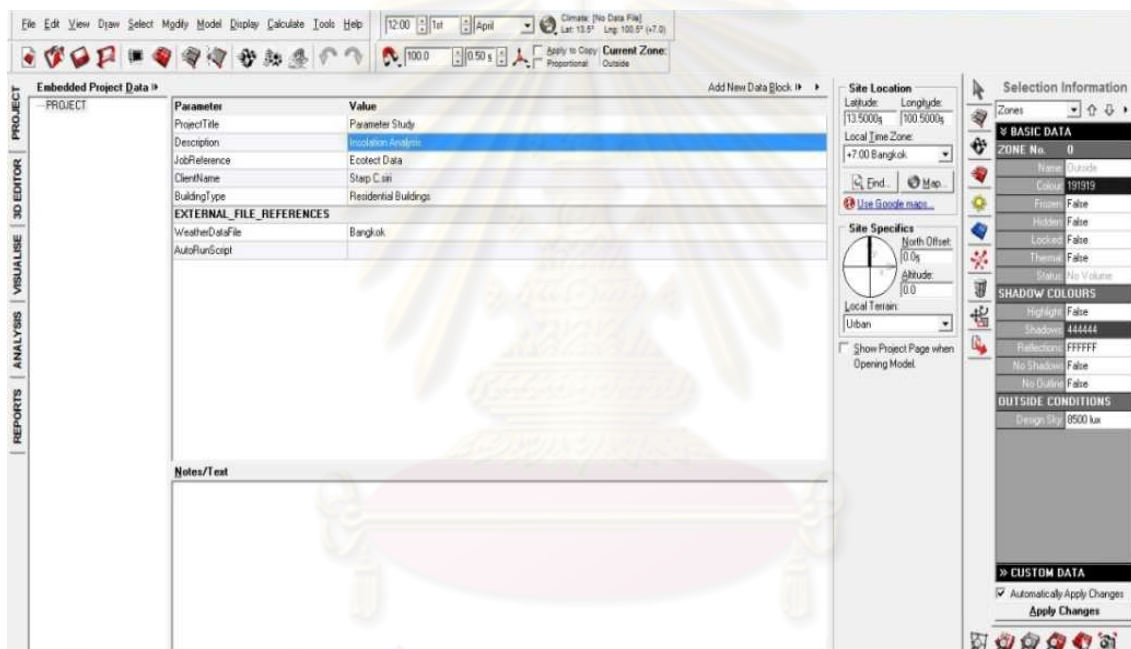
รูปที่ 3.52 ตำแหน่งที่กำหนดให้วัดปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าอยู่กึ่งกลางที่ดิน  
ที่มา : Google SketchUp: SunTools Plugin (V2.0)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 3.6.2 การวัดปริมาณรังสีความร้อน โดยโปรแกรม Ecotect

โปรแกรม Ecotect V.2010 เป็นโปรแกรมที่ออกแบบและพัฒนาโดย Autodesk เพื่อช่วยในการออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพอากาศเพื่อความยั่งยืนในอนาคต การคำนวณโดยโปรแกรมนี้สามารถวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานต่างๆในอาคาร เช่น ข้อมูลด้านแสงสว่าง ปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์ วิเคราะห์พลังงานเสียง การเคลื่อนที่ของอากาศ โดยการคำนวณและประมวลผลสามารถนำเสนอในรูปแบบข้อมูล 3 มิติ ภาพเคลื่อนไหวและรายงานผลในเชิงสถิติ ให้ผู้ออกแบบรับรู้ถึงผลการวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น การใช้งานโปรแกรม Ecotect V.2010 ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้การวิเคราะห์ในประเด็นการศึกษาที่สำคัญดังนี้

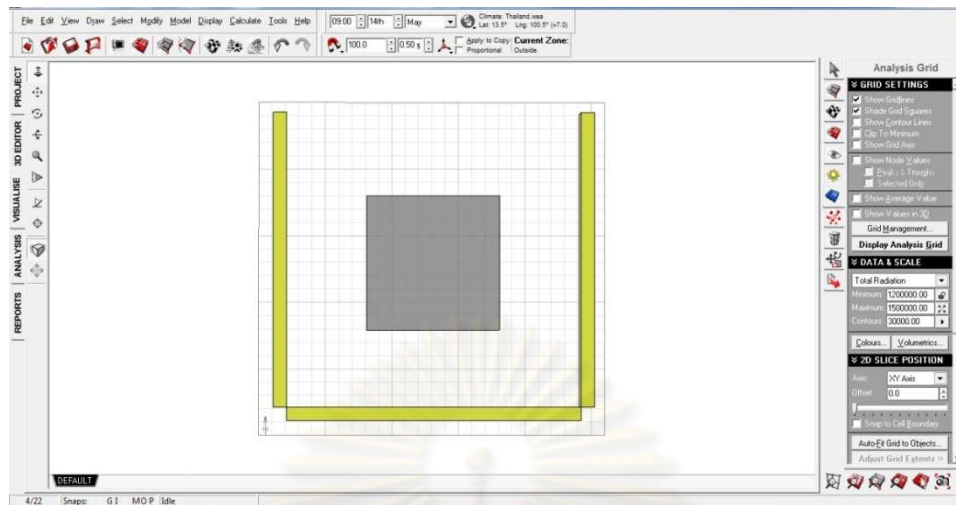
- การใช้งานโปรแกรม



รูปที่ 3.53 รูปแบบการเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม

ที่มา : Ecotect 2011

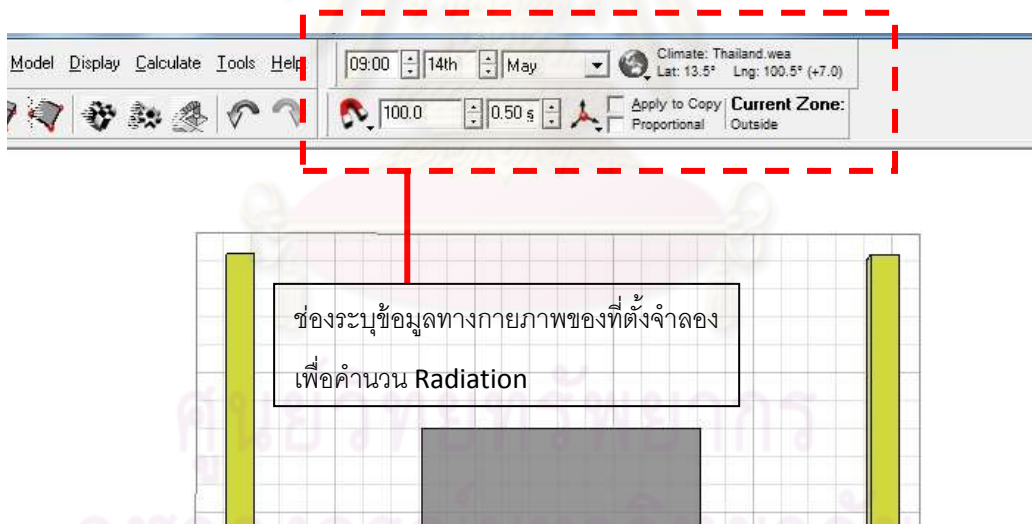
- การป้อนข้อมูลเบื้องต้นแบบจำลอง



รูปที่ 3.54 การสร้างแบบจำลองแนวอาคาร

ที่มา : Ecotect 2011

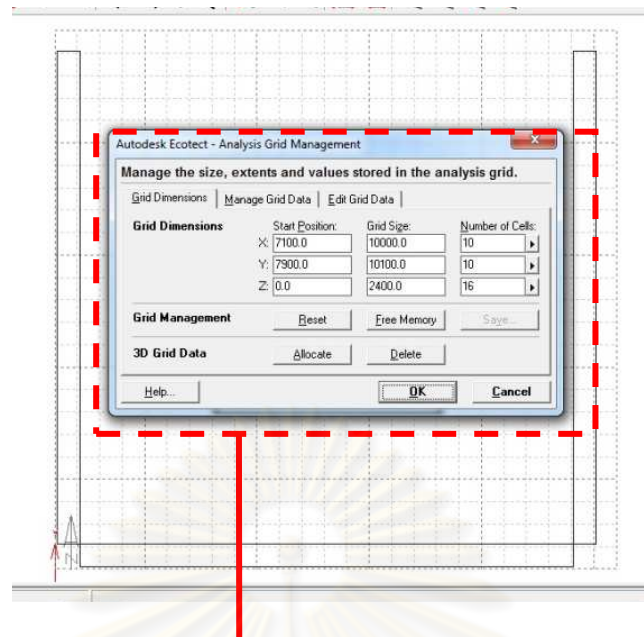
- การป้อนข้อมูลสภาพอากาศของแบบจำลอง



รูปที่ 3.55 การป้อนข้อมูลสภาพอากาศของแบบจำลอง

ที่มา : Ecotect 2011

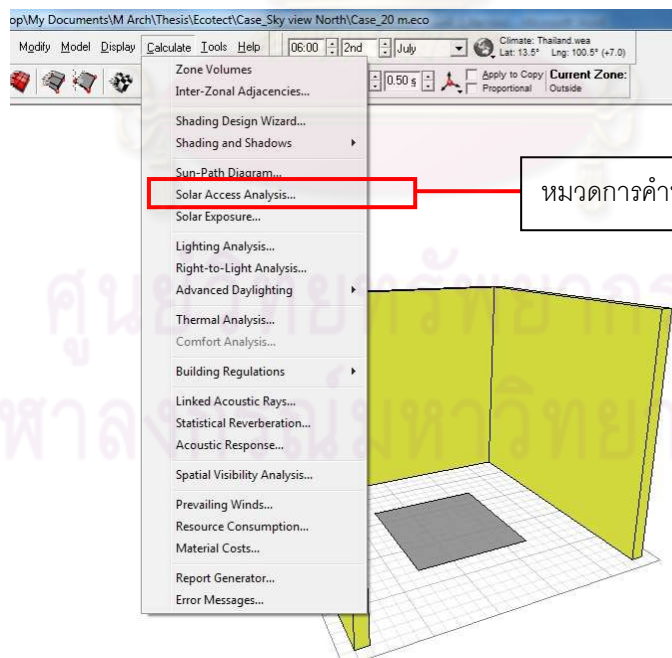
- การป้อนข้อมูลการคำนวณปริมาณรังสีความร้อน
  - 1) การกำหนดขนาด Grid ของพื้นที่เพื่อใช้คำนวณ



ตารางป้อนข้อมูลขนาด GRID บนพื้นที่ดิน  
จำลองเพื่อคำนวณ Radiation

รูปที่ 3.56 การกำหนดขนาด GRID ในการคำนวณ  
ที่มา : Ecotect 2011

## 2) การเลือกการคำนวณ

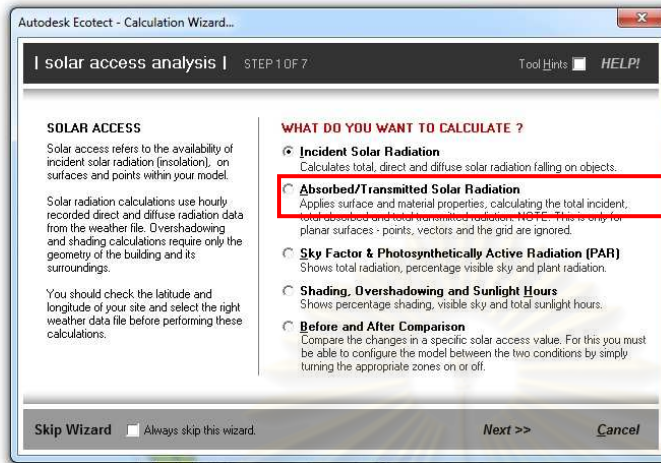
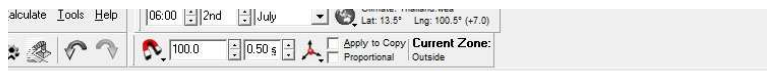


หมวดการคำนวณที่กำหนด

รูปที่ 3.57 การเลือกรูปแบบในการคำนวณ  
ที่มา : Ecotect 2011



### 3) การป้อนค่าเพื่อกำหนดขอบเขตในการคำนวณ

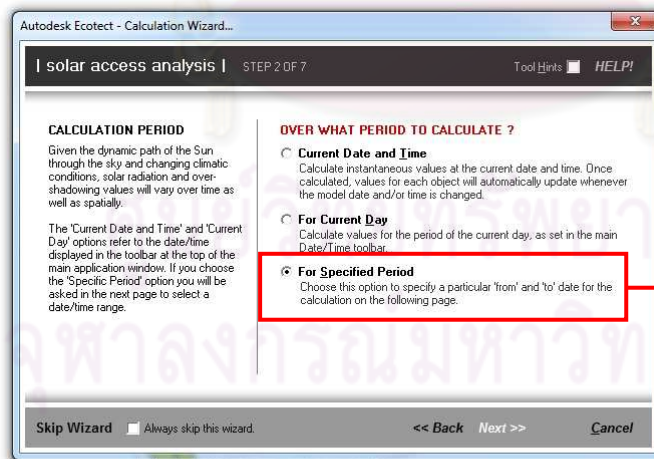


Incident Solar Radiation คือค่าเดียวกับ Radiation ซึ่งสามารถคำนวณได้ทั้ง Direct, Diffuse

รูปที่ 3.58 การเลือกโปรแกรมเพื่อการคำนวณในหมวด Solar Access

ที่มา : Ecotect 2011

### 4) การระบุช่วงเวลาในการคำนวณ

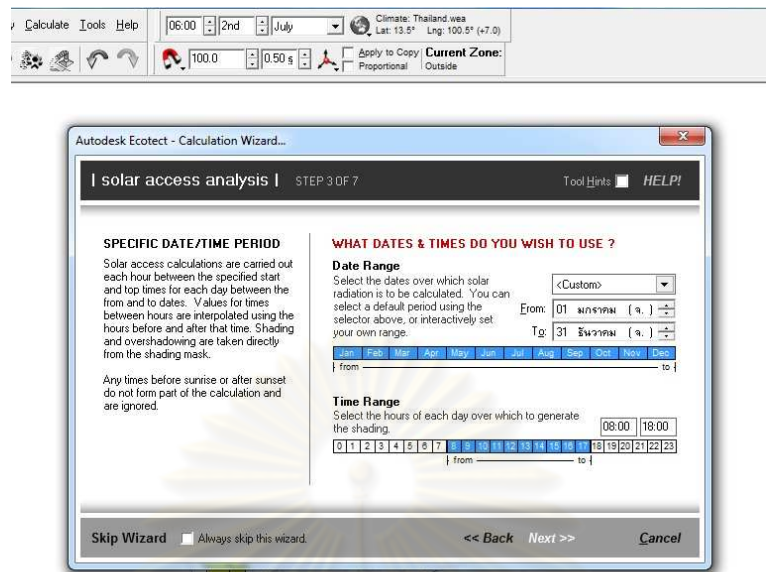


ช่วงเวลาในการคำนวณ กำหนดให้คำนวณรวมทั้งปี ตั้งแต่ ม.ค.-ธ.ค.

รูปที่ 3.59 การเลือกช่วงเวลาการคำนวณ

ที่มา : Ecotect 2011

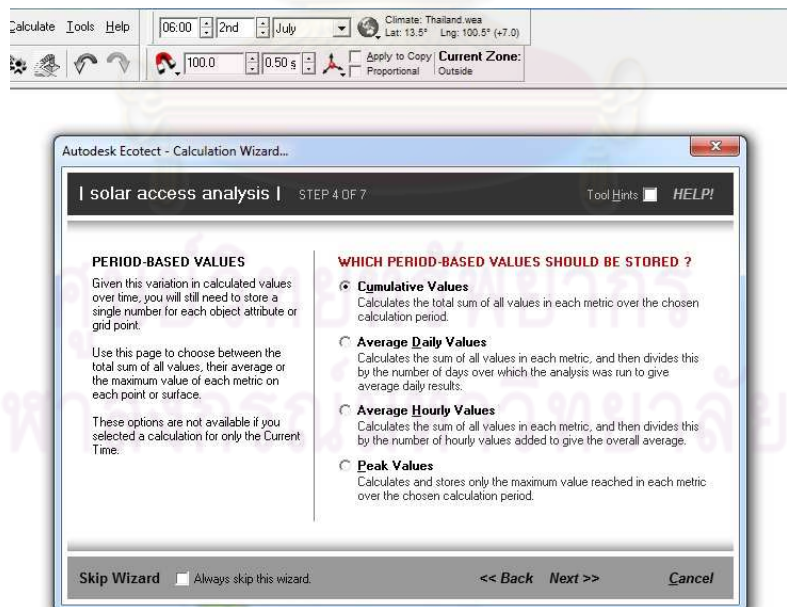
## 5) การแสดงข้อมูลช่วงเวลาที่กำหนดไว้ในการคำนวณ



รูปที่ 3.60 การแสดงข้อมูลช่วงเวลาที่กำหนด

ที่มา : Ecotect 2011

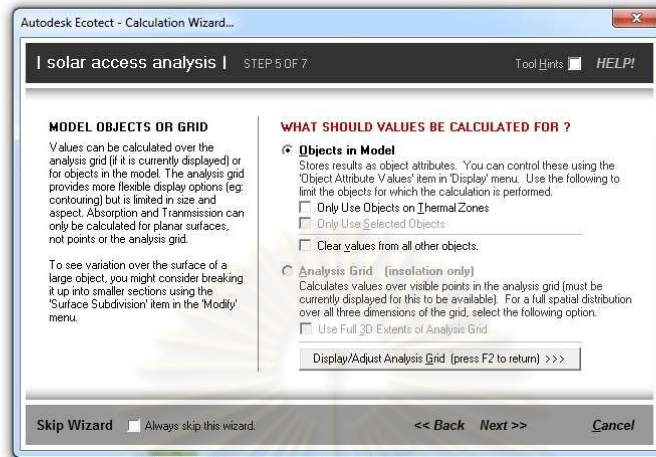
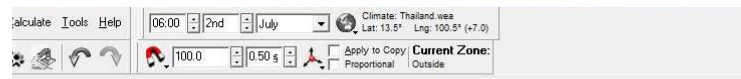
## 6) การระบุค่าข้อมูลเพื่อการคำนวณ



รูปที่ 3.61 การระบุค่าข้อมูลเพื่อการคำนวณ

ที่มา : Ecotect 2011

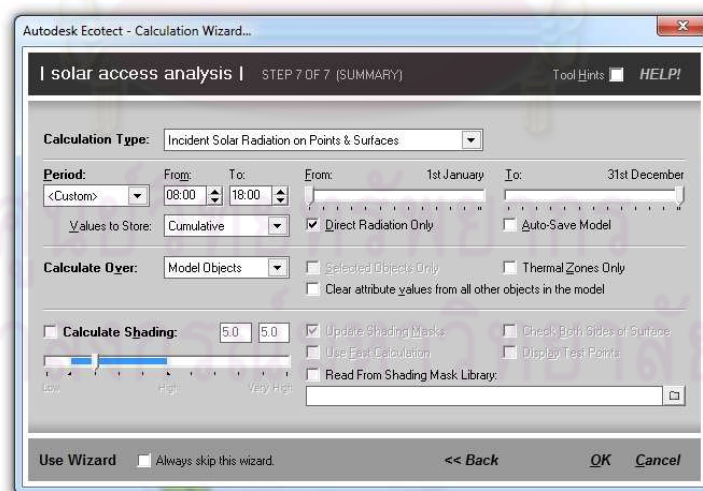
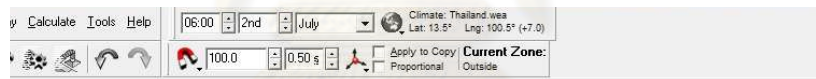
## 7) การระบุการคำนวณสำหรับวัตถุที่เลือกไว้



รูปที่ 3.62 การระบุการเลือกวัตถุเพื่อคำนวณ

ที่มา : Ecotect 2011

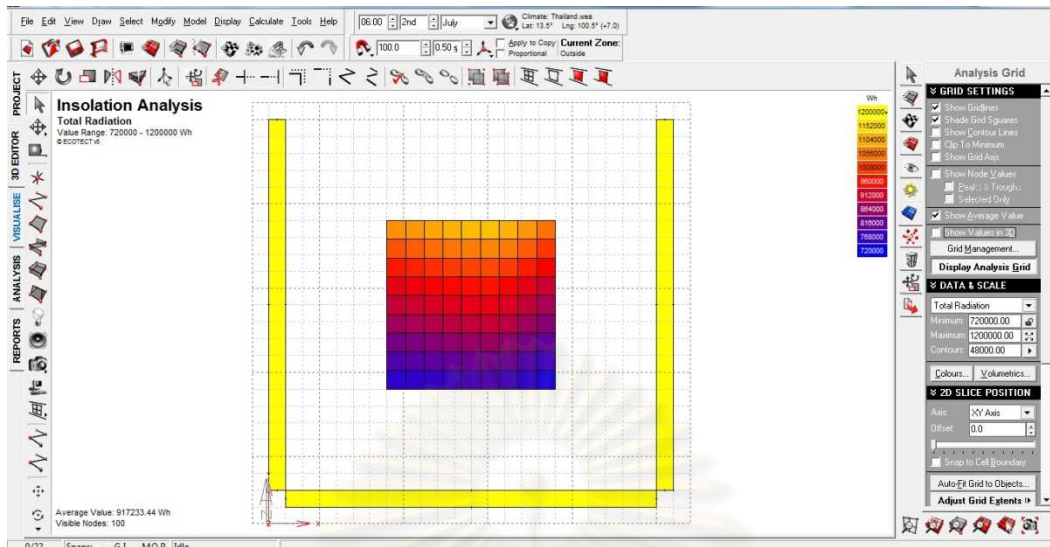
## 8) การสรุปข้อมูลก่อนการประมวลผลขั้นสุดท้าย



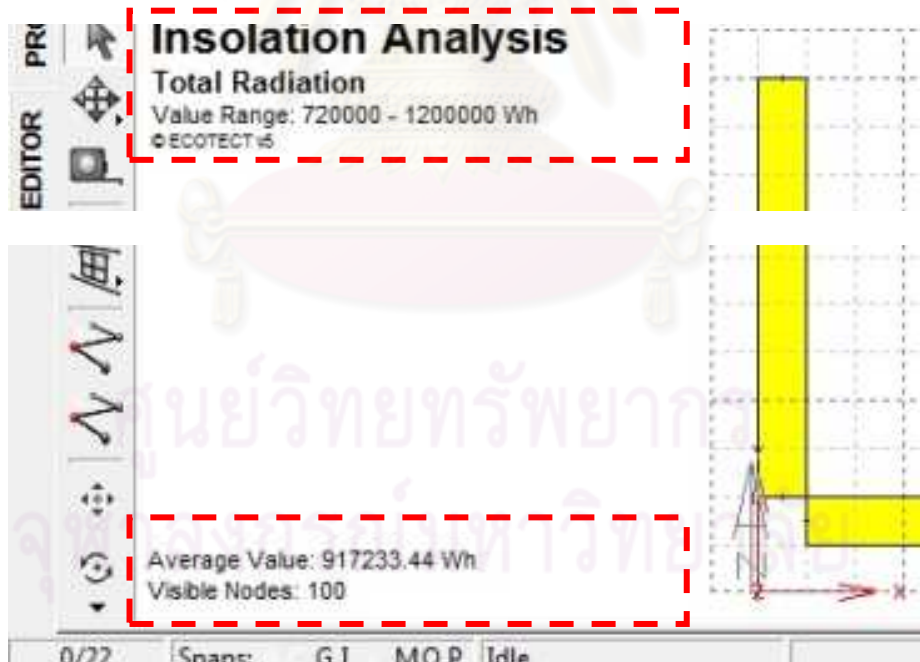
รูปที่ 3.63 การสรุปยืนยันข้อมูลก่อนการประมวลผลขั้นสุดท้าย

ที่มา : Ecotect 2011

- การรายงานข้อมูลการคำนวณ

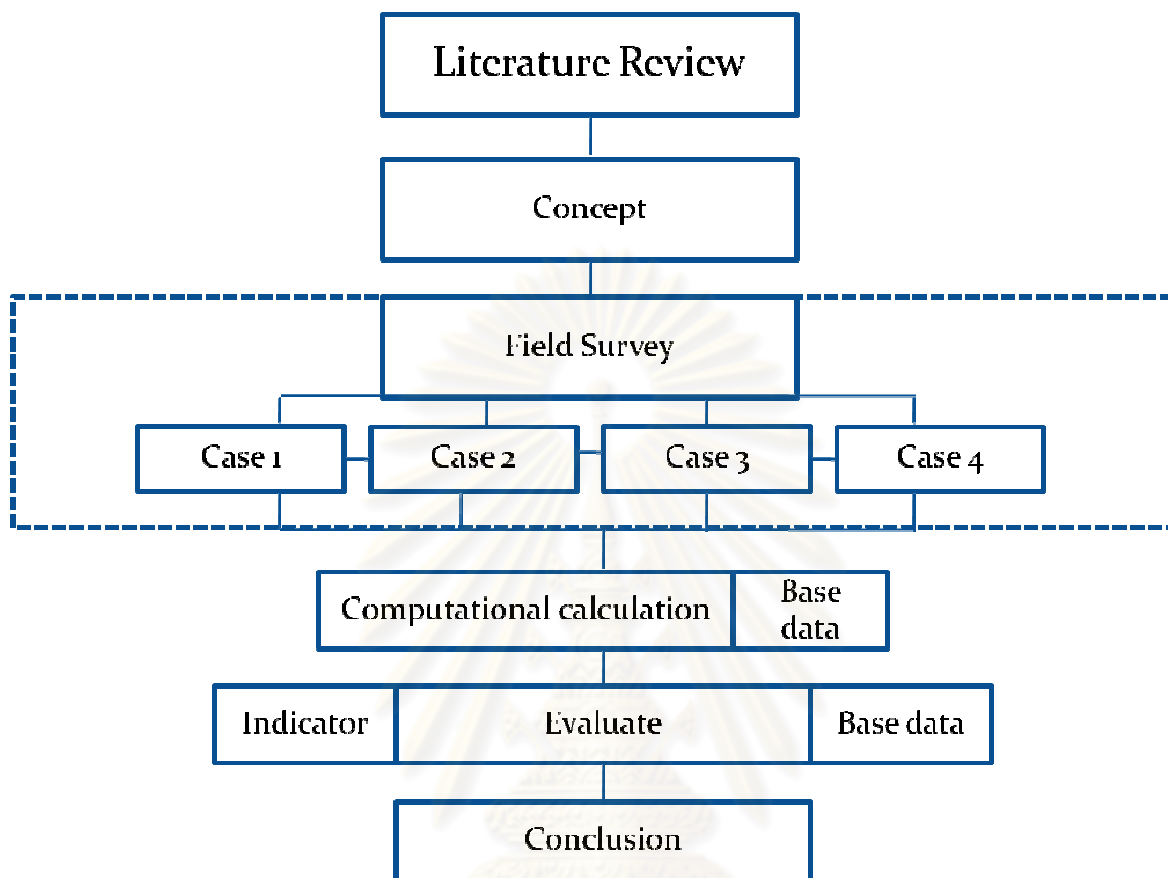


รูปที่ 3.64 การแสดงผลการคำนวณปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยของผังที่ดินเป็นระดับ  
ความเข้มที่ต่างกันในแต่ละ Grid ที่ดิน  
ที่มา : Ecotect 2011



รูปที่ 3.65 ผลการคำนวณ  
ที่มา : Ecotect 2011

### 3.7 สรุปกระบวนการในขั้นตอนระเบียบวิธีวิจัย



รูปที่ 3.66 กระบวนการขั้นตอนระเบียบวิธีวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

#### 4.1 ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้า

การวัดปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าได้ใช้รูปแบบจำลองการวิเคราะห์ทางคอมพิวเตอร์ ด้วยโปรแกรม Google Earth SketchUp: Plug in Sun Tool (V2.0) โดยผลการคำนวณที่ได้มาจากแผนภาพโดมท้องฟ้าของโปรแกรมที่อธิบายไว้ในระเบียบวิธีวิจัยของบทที่ 3 โดยค่าที่ระบุคือปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าของพื้นที่ที่ไม่ถูกบดบังจากอาคารข้างเคียง โดยผลการคำนวณในแบบจำลองทั้ง 4 ชุด มีดังนี้

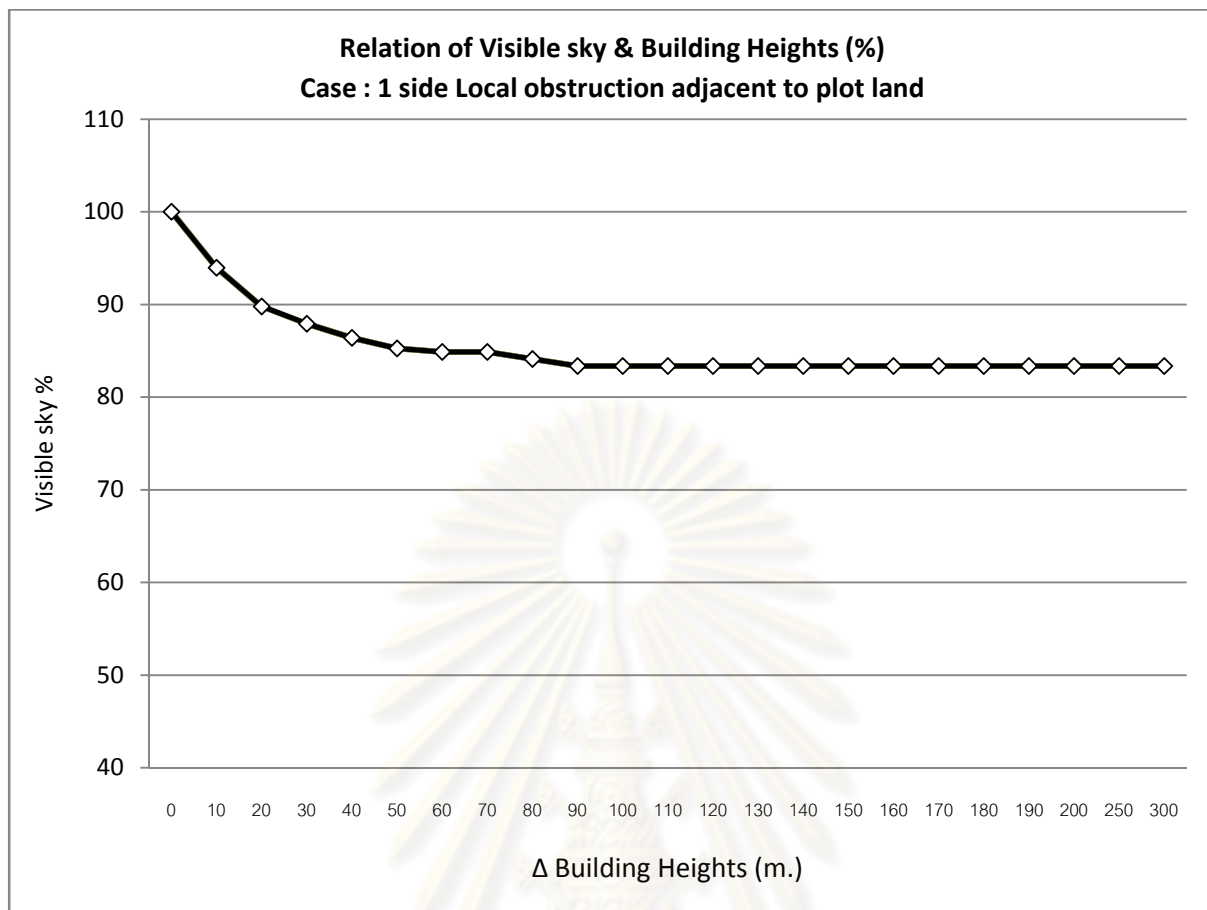


ศูนย์วิทยพัทยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4.1.1 ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้า กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน

ตาราง 4.1 ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน

Δ Heights	VISIBLE SKY			
	Case 1 side Local obstruction adjacent to plot land (%)			
(m)	N	E	S	W
0	100	100	100	100
10	93.95	93.95	93.95	93.95
20	89.79	89.79	89.79	89.79
30	87.90	87.90	87.90	87.90
40	86.39	86.39	86.39	86.39
50	85.26	85.26	85.26	85.26
60	84.88	84.88	84.88	84.88
70	84.88	84.88	84.88	84.88
80	84.12	84.12	84.12	84.12
90	83.36	83.36	83.36	83.36
100	83.36	83.36	83.36	83.36
110	83.36	83.36	83.36	83.36
120	83.36	83.36	83.36	83.36
130	83.36	83.36	83.36	83.36
140	83.36	83.36	83.36	83.36
150	83.36	83.36	83.36	83.36
160	83.36	83.36	83.36	83.36
170	83.36	83.36	83.36	83.36
180	83.36	83.36	83.36	83.36
190	83.36	83.36	83.36	83.36
200	83.36	83.36	83.36	83.36
250	83.36	83.36	83.36	83.36
300	83.36	83.36	83.36	83.36



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า เมื่อความสูงอาคารสูงน้อยที่สุดที่ระยะ 10 เมตร โอกาสในการมองเห็นท้องฟ้าจะมีค่าเท่ากับ 93.95% และเมื่ออาคารมีความสูง 90 เมตร ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าจะมีค่าน้อยที่สุดเท่ากันทั้ง 4 ทิศ คือ 83.36% และมีค่าคงที่แม้อาคารมีความสูงเพิ่มขึ้นอีกก็ตาม

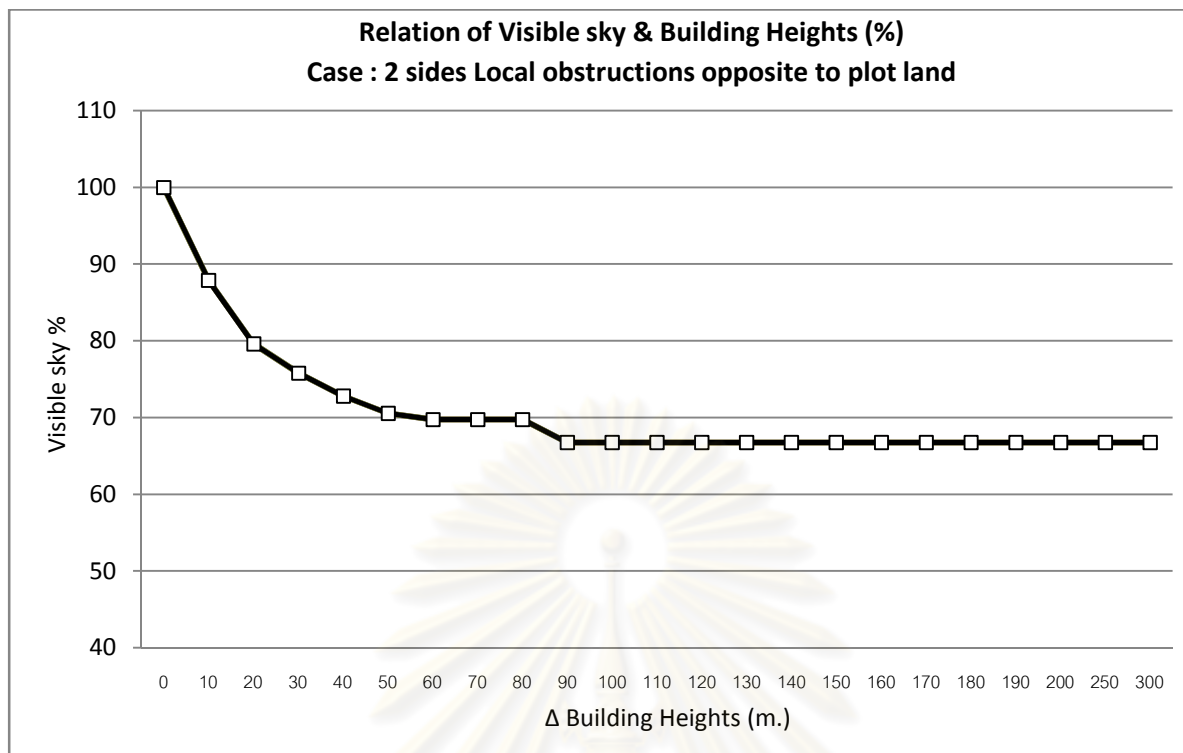
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## 4.1.2 ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้า กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน

ตาราง 4.2 ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากรณี ผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน

$\Delta$ Heights ( m.)	VISIBLE SKY	
	Case 2 sides Local obstructions opposite to plot land (%)	
	N-S	E-W
0	100	100
10	87.90	87.90
20	79.58	79.58
30	75.80	75.80
40	72.78	72.78
50	70.51	70.51
60	69.75	69.75
70	69.75	69.75
80	69.75	69.75
90	66.73	66.73
100	66.73	66.73
110	66.73	66.73
120	66.73	66.73
130	66.73	66.73
140	66.73	66.73
150	66.73	66.73
160	66.73	66.73
170	66.73	66.73
180	66.73	66.73
190	66.73	66.73
200	66.73	66.73
250	66.73	66.73
300	66.73	66.73



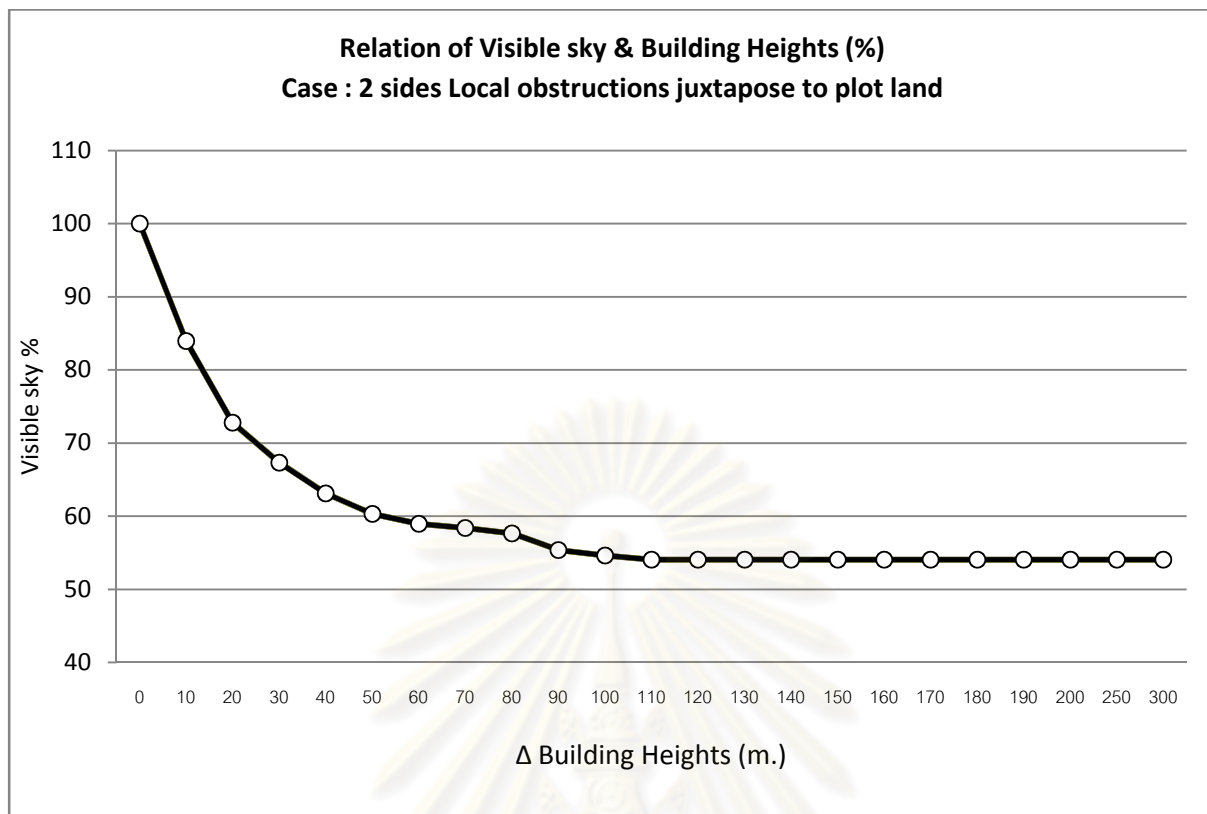
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า เมื่อความสูงอาคารสูงน้อยที่สุดที่ระยะ 10 เมตร ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าจะมีค่าเท่ากับ 87.90% และเมื่ออาคารมีความสูง 90 เมตร ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าจะมีค่าน้อยที่สุดเท่ากันทั้ง 4 ทิศ คือ 66.73% และมีค่าคงที่แม้อาคารจะมีความสูงเพิ่มขึ้นอีกก็ตาม

## 4.1.3 ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้า กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน

ตาราง 4.3 ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้า กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน

Δ Heights ( m.)	VISIBLE SKY : Case 2 sides local obstructions juxtapose to plot land (%)			
	N	E	S	W
0	100	100	100	100
10	83.93	83.93	83.93	83.93
20	72.78	72.78	72.78	72.78
30	67.30	67.30	67.30	67.30
40	63.14	63.14	63.14	63.14
50	60.30	60.30	60.30	60.30
60	58.98	58.98	58.98	58.98
70	58.41	58.41	58.41	58.41
80	57.66	57.66	57.66	57.66
90	55.39	55.39	55.39	55.39
100	54.63	54.63	54.63	54.63
110	54.06	54.06	54.06	54.06
120	54.06	54.06	54.06	54.06
130	54.06	54.06	54.06	54.06
140	54.06	54.06	54.06	54.06
150	54.06	54.06	54.06	54.06
160	54.06	54.06	54.06	54.06
170	54.06	54.06	54.06	54.06
180	54.06	54.06	54.06	54.06
190	54.06	54.06	54.06	54.06
200	54.06	54.06	54.06	54.06
250	54.06	54.06	54.06	54.06
300	54.06	54.06	54.06	54.06



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงปริมาณการมองเห็นท้องฟ้า กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน

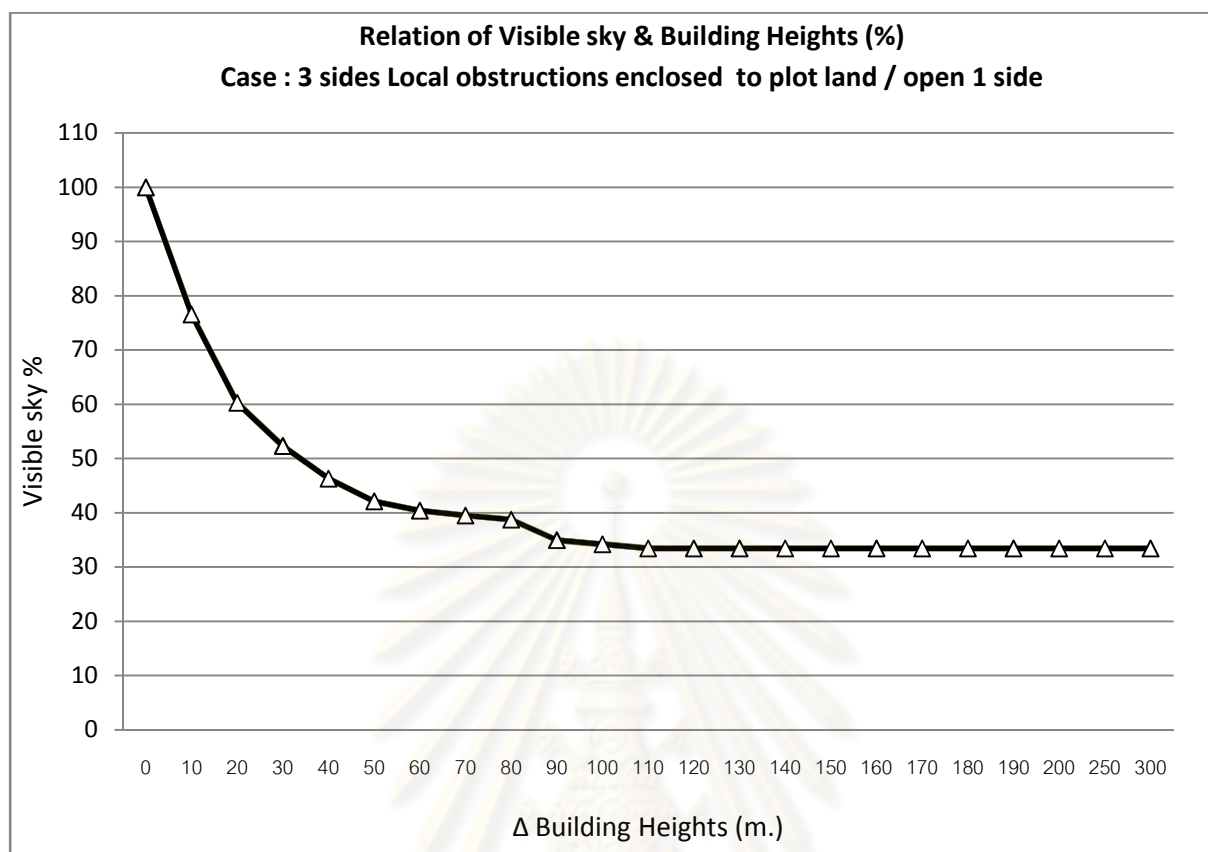
จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า เมื่อความสูงอาคารสูงน้อยที่สุดที่ระยะ 10 เมตร ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าจะมีค่าเท่ากับ 83.93% และเมื่ออาคารมีความสูง 100 เมตร ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าจะมีค่าน้อยที่สุดเท่ากันทั้ง 4 ทิศ คือ 54.06% และมีค่าคงที่แม้อาคารจะมีความสูงเพิ่มขึ้นอีกก็ตาม

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.4 ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดิน 3 ด้าน  
โดยเปิดโล่ง 1 ด้าน

ตาราง 4.4 ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) 3 ล้อมรอบที่ดิน 3 ด้าน  
โดยเปิดโล่ง 1 ด้าน

$\Delta$ Heights ( m.)	VISIBLE SKY			
	Case 3 sides local obstructions enclosed to plot land			
	Open 1 side (%)			
	N	E	S	W
0	100	100	100	100
10	76.56	76.56	76.56	76.56
20	60.30	60.30	60.30	60.30
30	52.36	52.36	52.36	52.36
40	46.31	46.31	46.31	46.31
50	42.16	42.16	42.16	42.16
60	40.42	40.42	40.42	40.42
70	39.51	39.51	39.51	39.51
80	38.75	38.75	38.75	38.75
90	34.97	34.97	34.97	34.97
100	34.22	34.22	34.22	34.22
110	33.46	33.46	33.46	33.46
120	33.46	33.46	33.46	33.46
130	33.46	33.46	33.46	33.46
140	33.46	33.46	33.46	33.46
150	33.46	33.46	33.46	33.46
160	33.46	33.46	33.46	33.46
170	33.46	33.46	33.46	33.46
180	33.46	33.46	33.46	33.46
190	33.46	33.46	33.46	33.46
200	33.46	33.46	33.46	33.46
250	33.46	33.46	33.46	33.46
300	33.46	33.46	33.46	33.46



รูปที่ 4.4 กราฟปริมาณการมองเห็นท้องฟ้า กรณีผนังอาคารฝั่งอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดิน 3 ด้าน โดยเปิดโล่ง 1 ด้าน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า เมื่อความสูงอาคารสูงน้อยที่สุดที่ระยะ 10 เมตร ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าจะมีค่าเท่ากับ 76.56% และเมื่ออาคารมีความสูง 110 เมตร ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าจะมีค่าน้อยที่สุดเท่ากันทั้ง 4 ทิศ คือ 33.46% และมีค่าคงที่แม้อาคารจะมีความสูงเพิ่มขึ้นอีกก็ตาม

ศูนย์วิจัยทรัพย์สินทางปัญญา  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่ระนาบทางนอน จากการคำนวณด้วยโปรแกรม ECOTECT V.2010

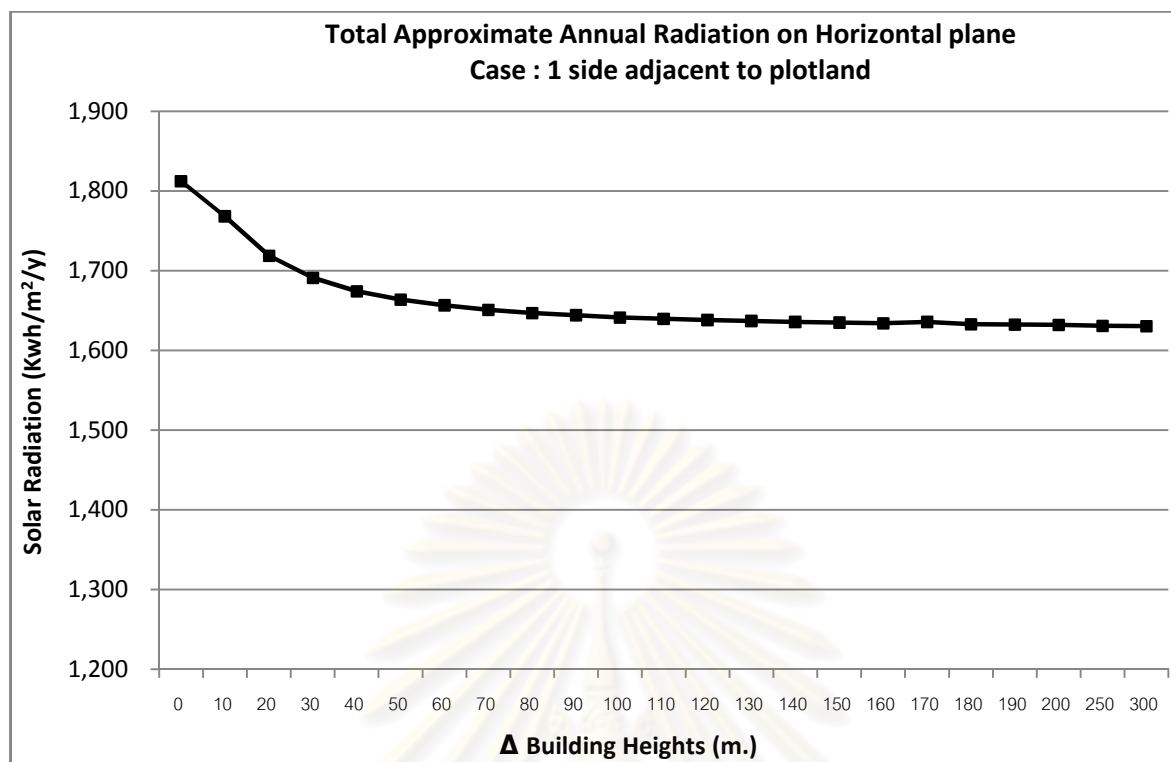
4.2.1 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร

กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน 1 ด้าน

1) ด้านทิศเหนือ

ตาราง 4.5 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินด้านทิศเหนือ

Δ Heights ( m.)	Total Approximate Annual Radiation on Horizontal plane	
	(KWh/m <sup>2</sup> /y)	
	North	
0	1,812.29	
10	1,768.07	
20	1,718.89	
30	1,691.05	
40	1,674.42	
50	1,663.77	
60	1,656.44	
70	1,651.08	
80	1,647.11	
90	1,644.00	
100	1,641.48	
110	1,639.66	
120	1,637.96	
130	1,636.74	
140	1,635.57	
150	1,634.78	
160	1,634.11	
170	1,635.58	
180	1,633.05	
190	1,632.51	
200	1,632.10	
250	1,630.90	
300	1,630.63	



รูปที่ 4.5 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยต่อพื้นที่ระนาบทางนอน ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ด้านทิศเหนือ

จากกราฟพบว่า ช่วงที่อาคารข้างเคียงมีความสูง 10 เมตร ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยรวมต่อพื้นที่ในระนาบทางนอนมีค่ามากที่สุดคือ 1,768.07 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปีและเมื่ออาคารข้างเคียงมีความสูงตั้งแต่ 80 เมตรเป็นต้นไป แนวโน้มของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีอัตราที่ลดน้อยลงโดยเฉลี่ยประมาณ 0.88 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

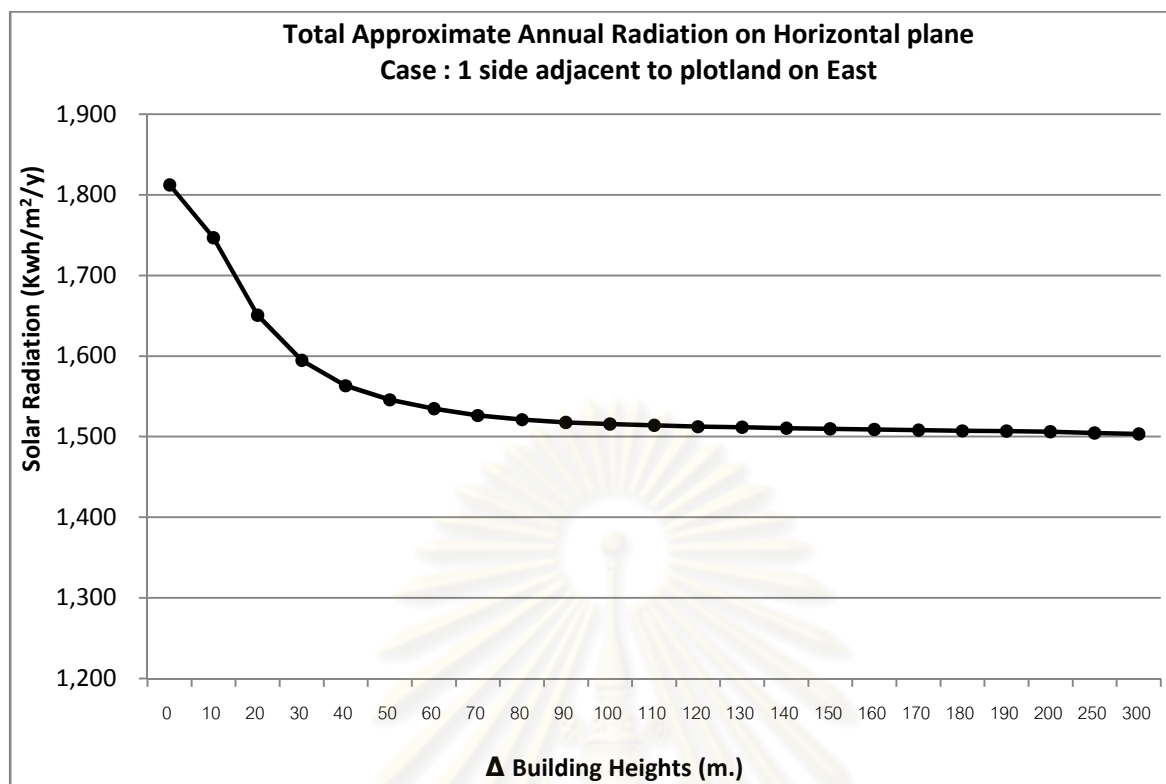
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## 2) ทิศตะวันออก

ตาราง 4.6 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีของที่ดินขนาด 20x20 เมตร  
กรณี ผนังอาคารข้างเคียงประชิดที่ดิน 1 ด้านทิศตะวันออก

Δ Heights ( m.)	Total Approximate Annual Radiation on Horizontal plane (KWh/m <sup>2</sup> /y)
	East
0	1,812.29
10	1,746.70
20	1,650.69
30	1,594.63
40	1,563.48
50	1,546.03
60	1,534.75
70	1,526.60
80	1,521.38
90	1,517.77
100	1,515.59
110	1,514.02
120	1,512.69
130	1,511.66
140	1,510.64
150	1,509.71
160	1,509.04
170	1,508.21
180	1,507.53
190	1,506.85
200	1,506.17
250	1,504.49
300	1,503.49



รูปที่ 4.6 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน ด้านทิศตะวันออก

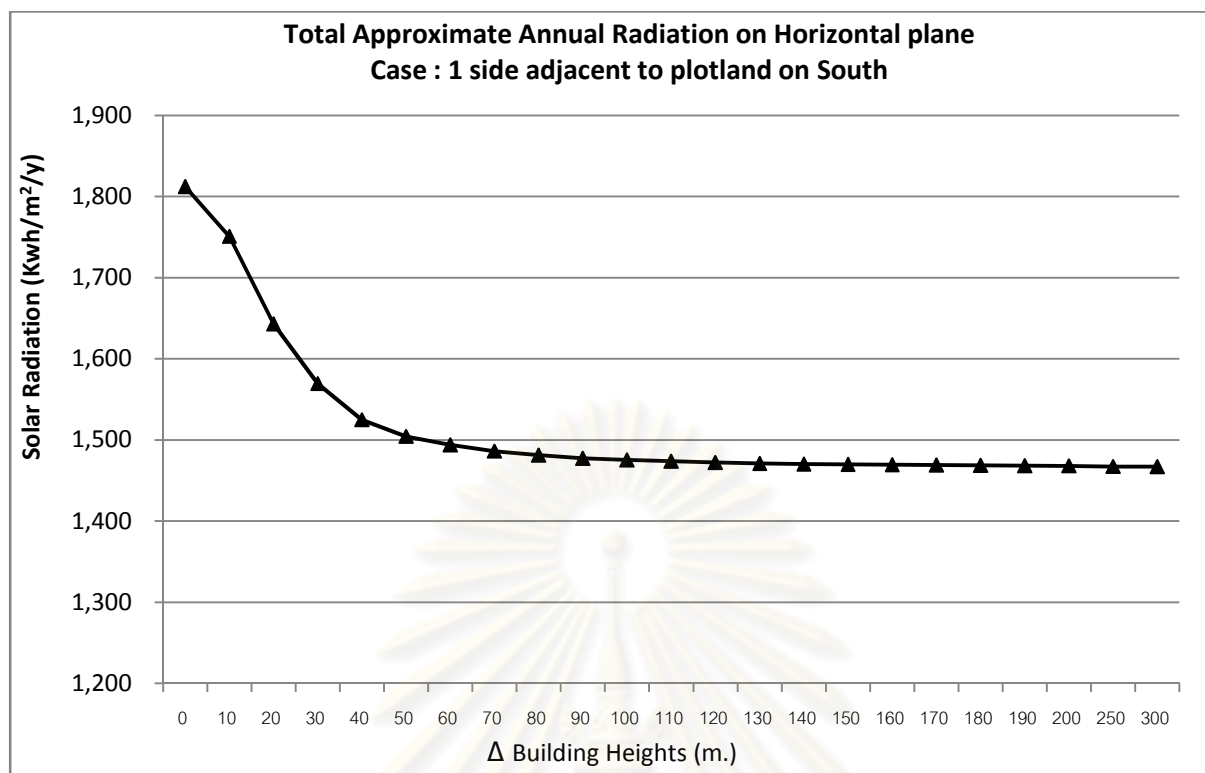
จากกราฟพบว่า ช่วงที่อาคารข้างเคียงมีความสูง 10 เมตร ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยรวมต่อพื้นที่ในระนาบทางนอนมีค่ามากที่สุดคือ 1,746.70 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปีและเมื่ออาคารข้างเคียงมีความสูงตั้งแต่ 80 เมตรเป็นต้นไป แนวโน้มของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีอัตราที่ลดน้อยลงโดยเฉลี่ยประมาณ 0.95 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 3) ทิศใต้

ตาราง 4.7 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร  
กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ด้านทิศใต้

Δ Heights ( m.)	Total Approximate Annual Radiation on Horizontal plane (KWh/m <sup>2</sup> /y)
	South
0	1,812.29
10	1,750.95
20	1,643.20
30	1,569.43
40	1,524.92
50	1,504.38
60	1,493.98
70	1,486.17
80	1,481.20
90	1,477.40
100	1,475.50
110	1,473.77
120	1,472.26
130	1,471.15
140	1,470.34
150	1,469.78
160	1,469.38
170	1,469.01
180	1,468.60
190	1,468.28
200	1,468.06
250	1,467.33
300	1,467.09



รูปที่ 4.7 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน ด้านทิศใต้

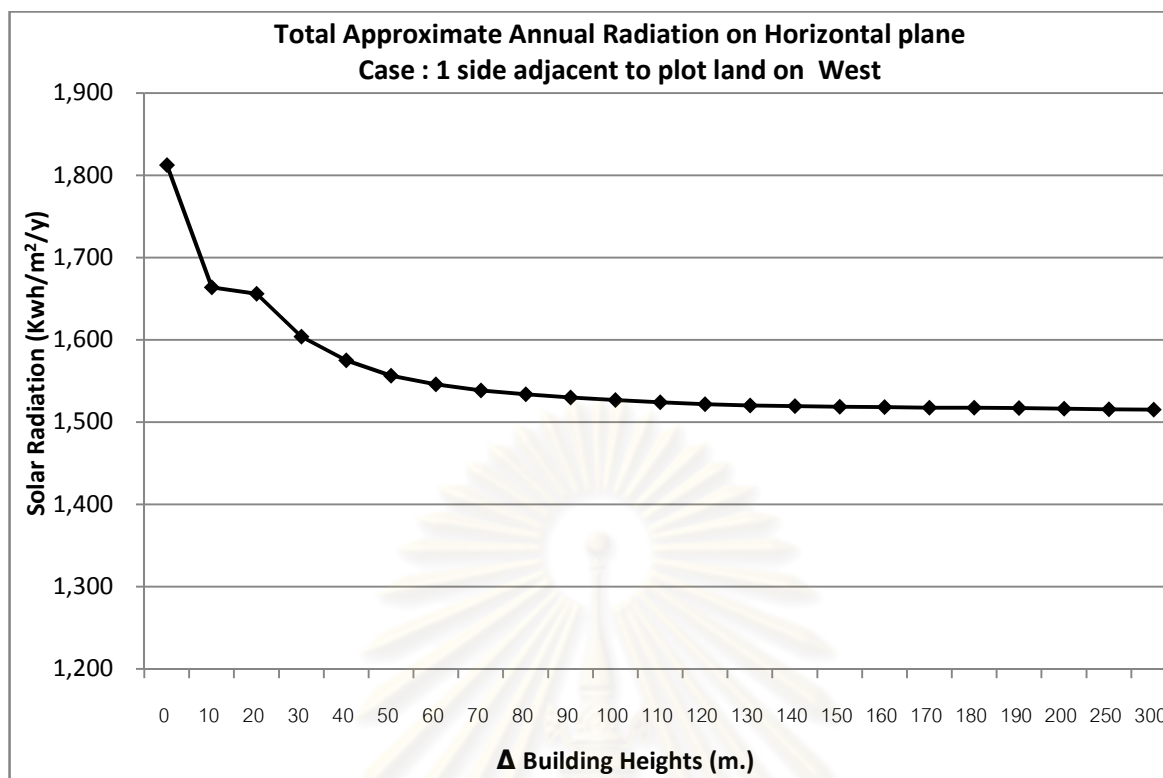
จากกราฟพบว่า ช่วงที่อาคารข้างเคียงมีความสูง 10 เมตร ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยรวมต่อพื้นที่ในระนาบทางนอนมีค่ามากที่สุดคือ 1,750.95 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปีและเมื่ออาคารข้างเคียงมีความสูงตั้งแต่ 80 เมตรเป็นต้นไป แนวโน้มของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีอัตราที่ลดน้อยลงโดยเฉลี่ยประมาณ 0.64 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 4) ทิศตะวันตก

ตาราง 4.8 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ด้านทิศตะวันตก

$\Delta$ Heights ( m.)	Total Approximate Annual Radiation on Horizontal plane (KWh/m <sup>2</sup> /y)
	West
0	1,812.29
10	1,663.72
20	1,655.95
30	1,603.72
40	1,574.91
50	1,556.35
60	1,545.03
70	1,538.36
80	1,533.71
90	1,529.75
100	1,526.61
110	1,524.03
120	1,521.73
130	1,520.23
140	1,519.36
150	1,518.68
160	1,518.18
170	1,517.26
180	1,517.28
190	1,516.86
200	1,516.34
250	1,515.26
300	1,515.02



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยต่อพื้นที่ระนาบทางนอนของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน ด้านทิศตะวันตก

จากกราฟพบว่า ช่วงที่อาคารข้างเคียงมีความสูง 10 เมตร ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยรวมต่อพื้นที่ในระนาบทางนอนมีค่ามากที่สุดคือ 1,66.72 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปีและเมื่ออาคารข้างเคียงมีความสูงตั้งแต่ 80 เมตรเป็นต้นไป แนวโน้มของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีอัตราที่ลดน้อยลงโดยเฉลี่ยประมาณ 0.88 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

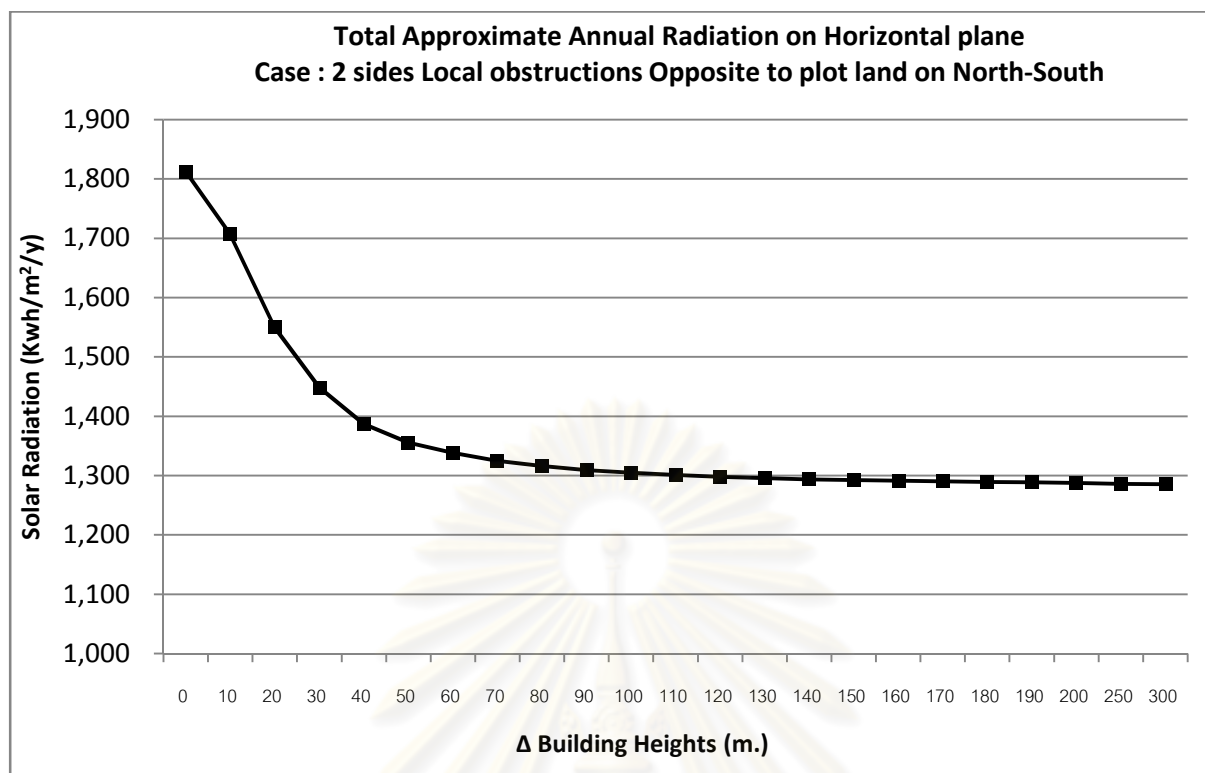
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4.2.2 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน

##### 1) ทิศเหนือ-ทิศใต้

ตาราง 4.9 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน ด้านทิศเหนือ-ใต้

Δ Heights ( m.)	Total Approximate Annual Radiation on Horizontal plane North-South	
	(KWh/m <sup>2</sup> /y)	
0	1,812.29	
10	1,706.73	
20	1,549.80	
30	1,448.20	
40	1,387.05	
50	1,355.85	
60	1,338.13	
70	1,324.96	
80	1,316.01	
90	1,309.12	
100	1,304.89	
110	1,301.13	
120	1,297.93	
130	1,295.60	
140	1,293.60	
150	1,292.28	
160	1,291.20	
170	1,290.27	
180	1,289.36	
190	1,288.50	
200	1,287.86	
250	1,285.94	
300	1,285.43	



รูปที่ 4.9 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยโดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน ด้านทิศเหนือ-ใต้

จากกราฟพบว่า ช่วงที่อาคารข้างเคียงมีความสูง 10 เมตร ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยรวมต่อพื้นที่ในระนาบทางนอนมีค่ามากที่สุดคือ 1,706.73 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปีและเมื่ออาคารข้างเคียงมีความสูงตั้งแต่ 80 เมตรเป็นต้นไป แนวโน้มของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีอัตราที่ลดน้อยลงโดยเฉลี่ยประมาณ 1.82 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

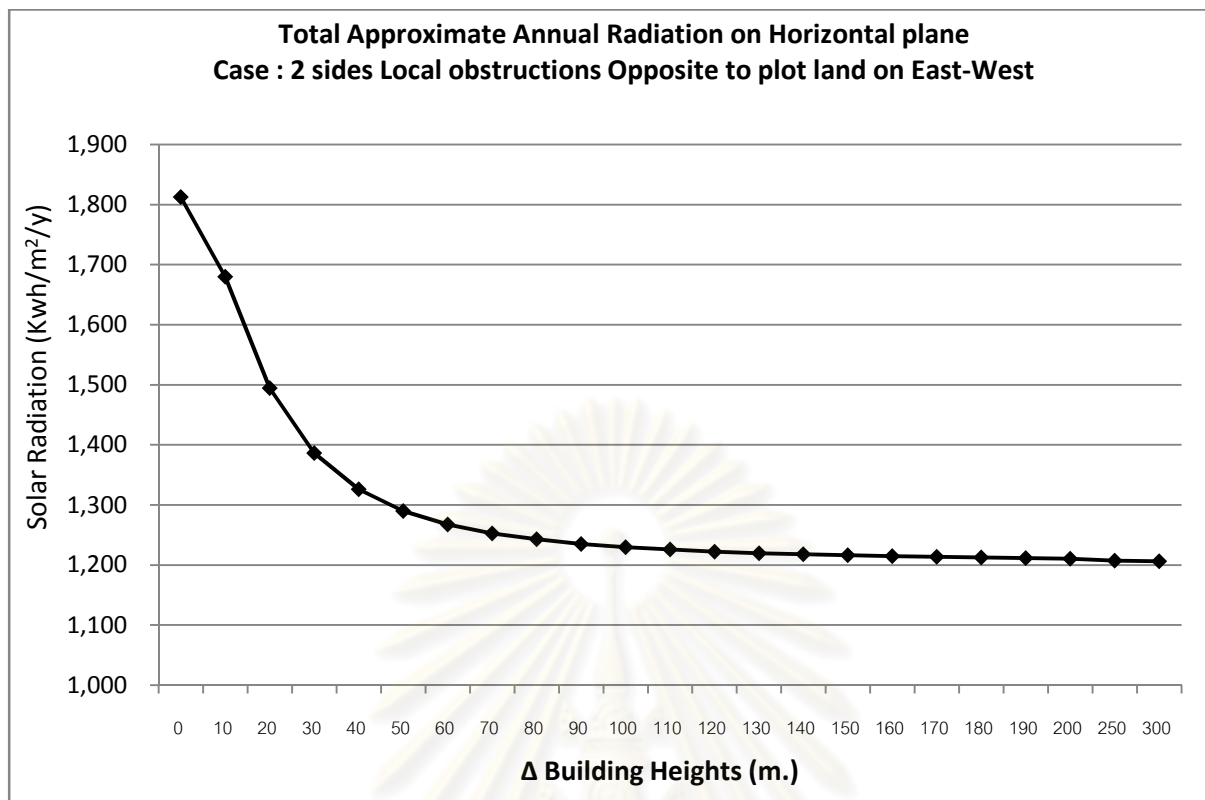
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## 2) ทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก

ตาราง 4.10 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร  
กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน ด้านทิศตะวันออก-ตะวันตก

Δ Heights ( m.)	Total Approximate Annual Radiation on Horizontal plane East-West
	(KWh/m <sup>2</sup> /y)
0	1,812.29
10	1,679.63
20	1,494.35
30	1,386.05
40	1,326.04
50	1,290.03
60	1,267.40
70	1,252.66
80	1,242.78
90	1,235.23
100	1,229.91
110	1,225.74
120	1,222.21
130	1,219.60
140	1,217.70
150	1,216.10
160	1,214.93
170	1,213.66
180	1,212.52
190	1,211.43
200	1,210.24
250	1,207.46
300	1,206.23



รูปที่ 4.10 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร  
 กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน ด้านทิศตะวันออก-ตะวันตก

จากกราฟพบว่า ช่วงที่อาคารข้างเคียงมีความสูง 10 เมตร ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยรวมต่อพื้นที่ในระนาบทางนอนมีค่ามากที่สุดคือ 1,679.63 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปีและเมื่ออาคารข้างเคียงมีความสูงตั้งแต่ 80 เมตรเป็นต้นไป แนวโน้มของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีอัตราที่ลดน้อยลงโดยเฉลี่ยประมาณ 2.23 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

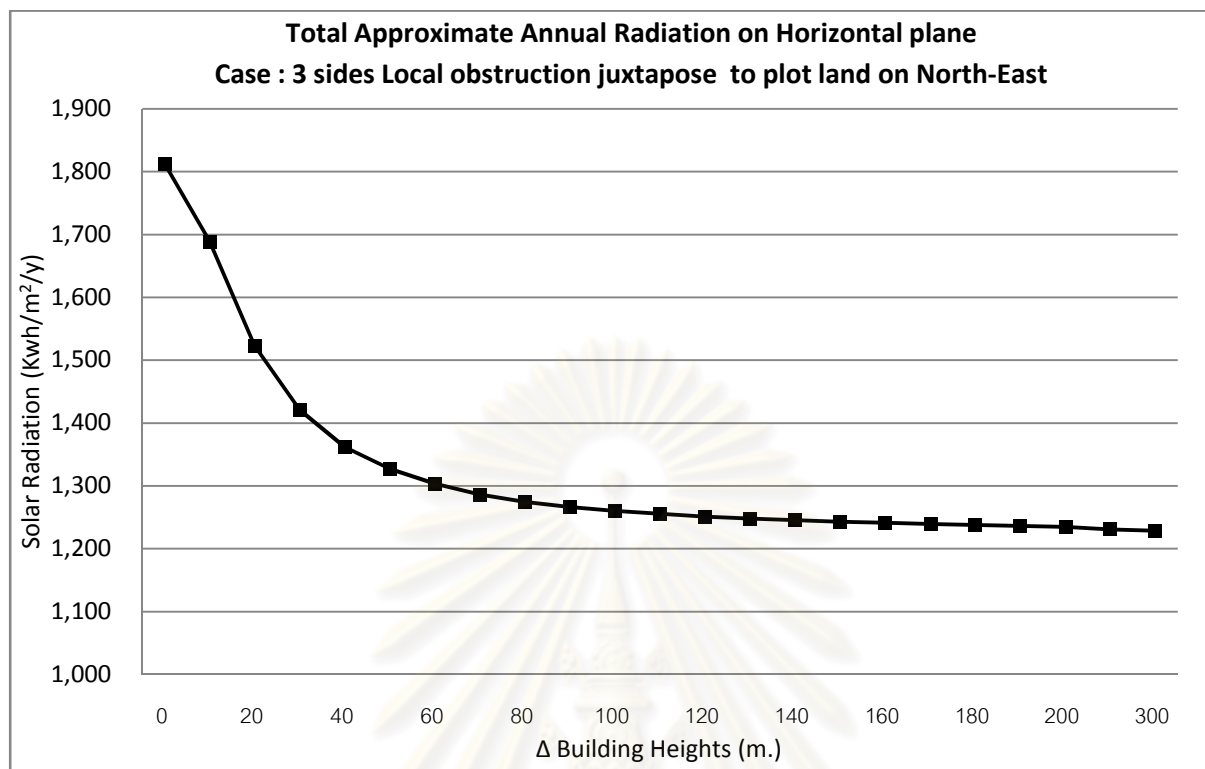
#### 4.2.3 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีผนังอาคารข้างเคียง 2 ด้านระดับที่ดินแบบมุมฉาก

##### 1) ทิศเหนือ-ทิศตะวันออก

ตาราง 4.11 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร

กรณีผนังอาคารข้างเคียงระดับที่ดิน 2 ด้าน ทิศเหนือ-ตะวันออก

Δ Heights ( m.)	Total Approximate Annual Radiation on Horizontal plane North-East
	(KWh/m <sup>2</sup> /y)
0	1,812.29
10	1,668.43
20	1,521.76
30	1,420.63
40	1,361.61
50	1,326.83
60	1,303.33
70	1,286.22
80	1,274.67
90	1,266.09
100	1,260.14
110	1,255.42
120	1,251.28
130	1,248.23
140	1,245.34
150	1,243.04
160	1,241.24
170	1,239.50
180	1,237.81
190	1,236.20
200	1,234.70
250	1,230.44
300	1,228.58



รูปที่ 4.11 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ด้านทิศเหนือ-ตะวันออก

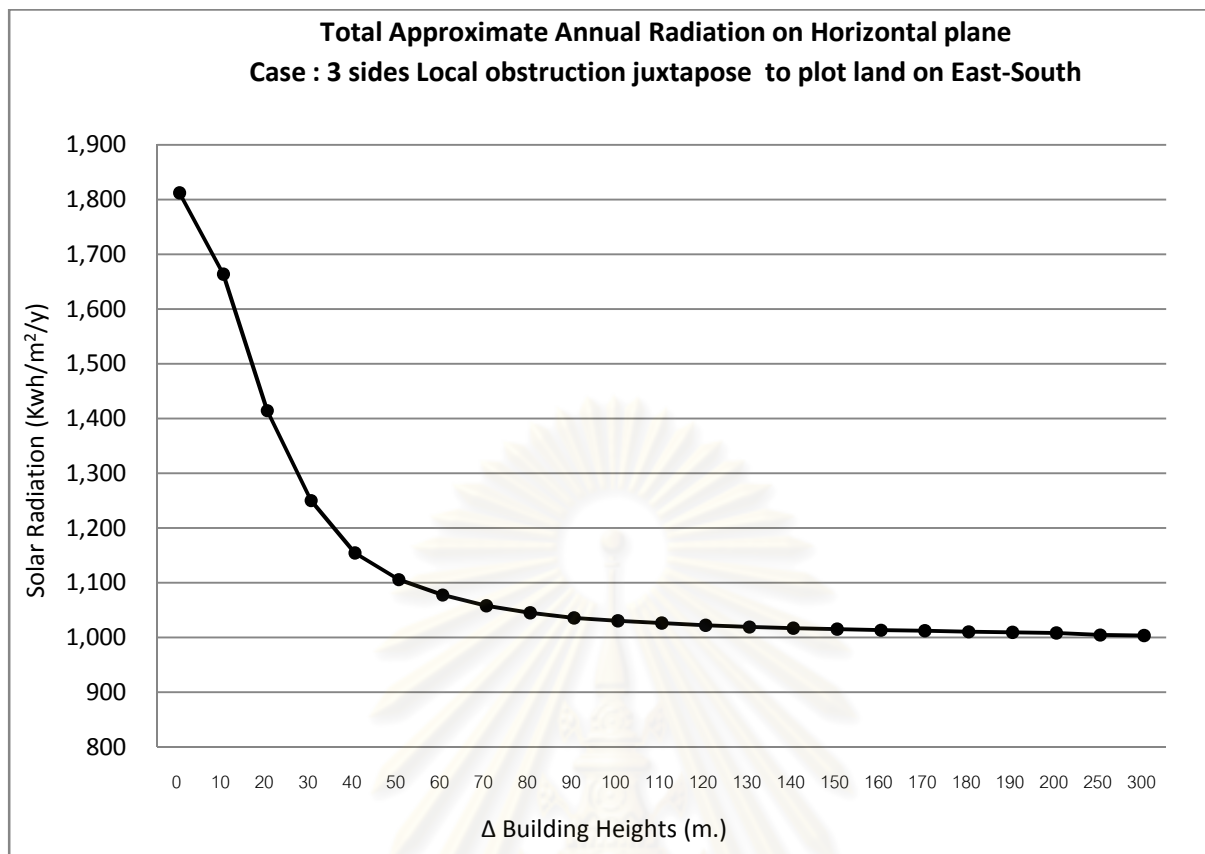
จากกราฟพบว่า ช่วงที่อาคารข้างเคียงมีความสูง 10 เมตร ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยรวมต่อพื้นที่ในระนาบทางนอนมีค่ามากที่สุดคือ 1,668.43 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปีและเมื่ออาคารข้างเคียงมีความสูงตั้งแต่ 80 เมตรเป็นต้นไป แนวโน้มของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีอัตราที่ลดน้อยลงโดยเฉลี่ยประมาณ 2.63 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 2) ทิศตะวันออก-ทิศใต้

ตาราง 4.12 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร  
กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ด้านทิศตะวันออก-ใต้

Δ Heights ( m.)	Total Approximate Annual Radiation on Horizontal plane East-South (KWh/m <sup>2</sup> /y)
	0
10	1,663.72
20	1,414.87
30	1,250.61
40	1,154.53
50	1,106.09
60	1,078.15
70	1,057.96
80	1,044.89
90	1,035.67
100	1,030.47
110	1,026.17
120	1,022.45
130	1,019.56
140	1,017.16
150	1,015.22
160	1,013.80
170	1,012.26
180	1,010.85
190	1,009.56
200	1,008.41
250	1,005.08
300	1,003.50



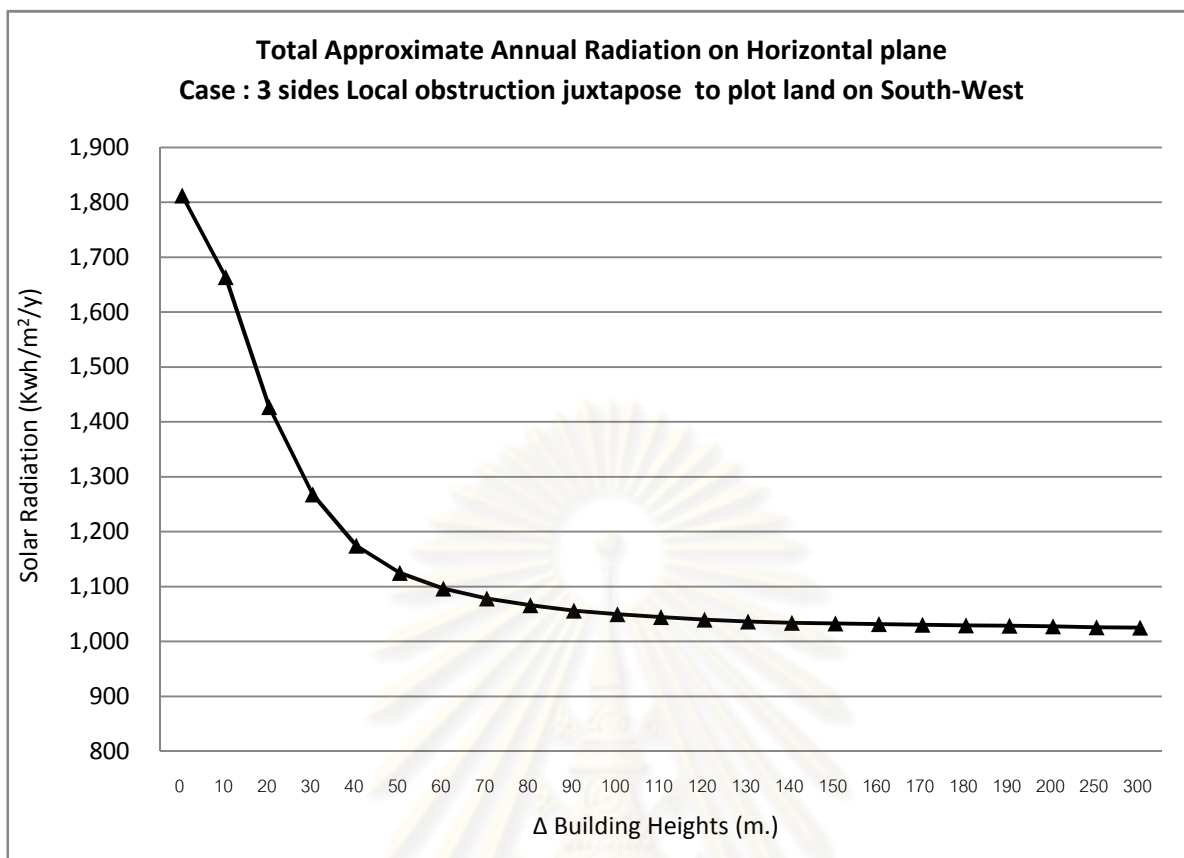
รูปที่ 4.12 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร  
 กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ด้านทิศตะวันออก-ใต้

จากกราฟพบว่า ช่วงที่อาคารข้างเคียงมีความสูง 10 เมตร ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยรวมต่อพื้นที่ในระนาบทางนอนมีค่ามากที่สุดคือ 1,663.72 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปีและเมื่ออาคารข้างเคียงมีความสูงตั้งแต่ 80 เมตรเป็นต้นไป แนวโน้มของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีอัตราที่ลดน้อยลงโดยเฉลี่ยประมาณ 2.25 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

## 3) ทิศใต้-ทิศตะวันตก

ตาราง 4.13 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร  
กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ด้านทิศใต้-ตะวันตก

$\Delta$ Heights ( m.)	Total Approximate Annual Radiation on Horizontal plane South-West
	(KWh/m <sup>2</sup> /y)
0	1,812.29
10	1,663.72
20	1,426.93
30	1,267.88
40	1,174.81
50	1,124.83
60	1,096.49
70	1,078.30
80	1,066.05
90	1,056.20
100	1,049.80
110	1,044.51
120	1,039.75
130	1,036.57
140	1,034.27
150	1,032.66
160	1,031.48
170	1,030.47
180	1,029.48
190	1,028.63
200	1,027.75
250	1,025.74
300	1,025.13



รูปที่ 4.13 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยต่อพื้นที่ระนาบทางนอน ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ด้านทิศใต้-ตะวันตก

จากกราฟพบว่า ช่วงที่อาคารข้างเคียงมีความสูง 10 เมตร ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยรวมต่อพื้นที่ในระนาบทางนอนมีค่ามากที่สุดคือ 1,663.78 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปีและเมื่ออาคารข้างเคียงมีความสูงตั้งแต่ 80 เมตรเป็นต้นไป แนวโน้มของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีอัตราที่ลดน้อยลงโดยเฉลี่ยประมาณ 2.06 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

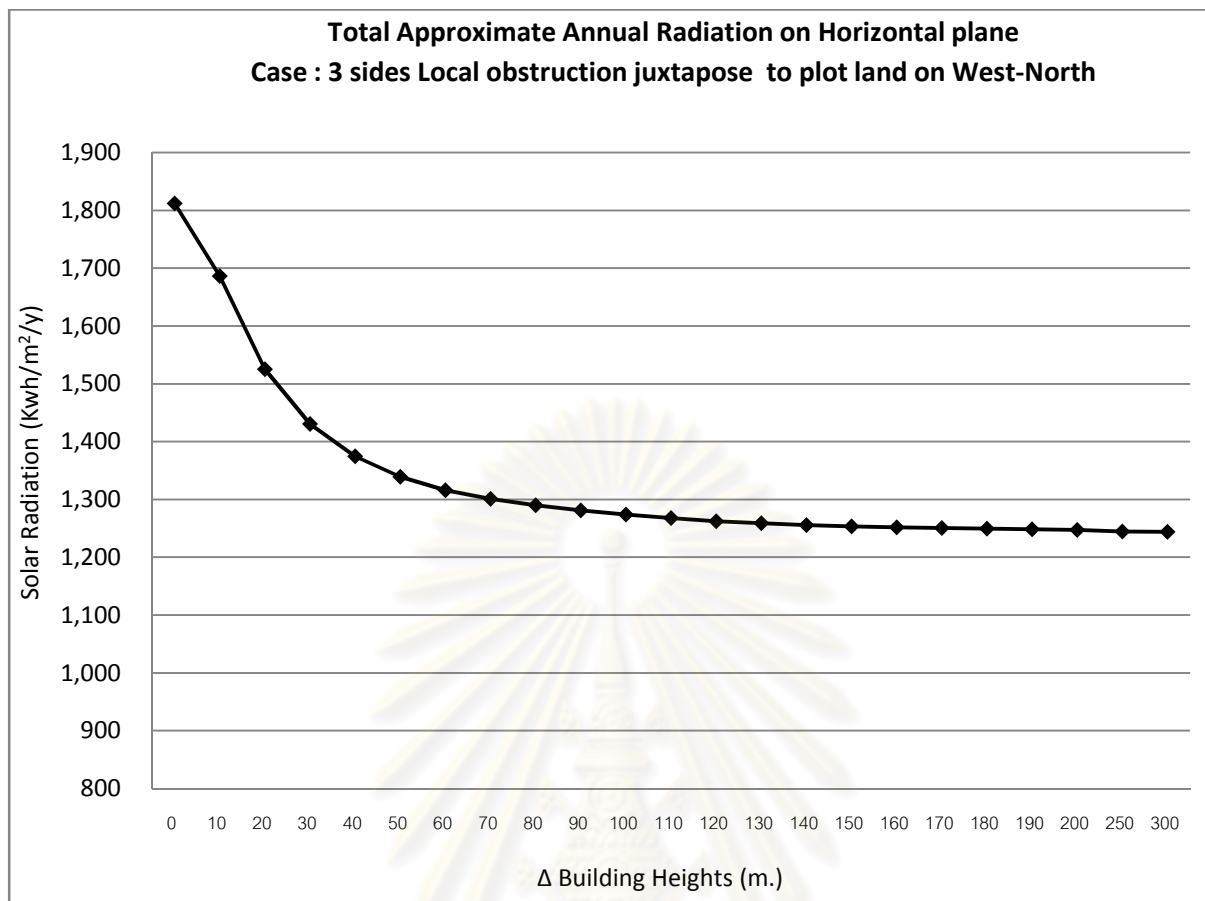
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## 4) ทิศตะวันตก-ทิศเหนือ

ตาราง 4.14 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร  
กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ด้านทิศตะวันตก-เหนือ

Δ Heights ( m.)	Total Approximate Annual Radiation on Horizontal plane	
	West-North (KWh/m <sup>2</sup> /y)	
0	1,812.29	
10	1,686.22	
20	1,525.60	
30	1,430.41	
40	1,375.05	
50	1,339.21	
60	1,315.97	
70	1,300.91	
80	1,290.02	
90	1,281.03	
100	1,273.81	
110	1,267.91	
120	1,262.64	
130	1,258.97	
140	1,255.83	
150	1,253.77	
160	1,251.99	
170	1,250.61	
180	1,249.43	
190	1,248.35	
200	1,247.25	
250	1,244.57	
300	1,243.98	



รูปที่ 4.14 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร  
 กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ด้านทิศตะวันตก-เหนือ

จากกราฟพบว่า ช่วงที่อาคารข้างเคียงมีความสูง 10 เมตร ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยรวมต่อพื้นที่ในระนาบทางนอนมีค่ามากที่สุดคือ 1,686.22 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปีและเมื่ออาคารข้างเคียงมีความสูงตั้งแต่ 80 เมตรเป็นต้นไป แนวโน้มของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีอัตราที่ลดน้อยลงโดยเฉลี่ยประมาณ 2.49 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

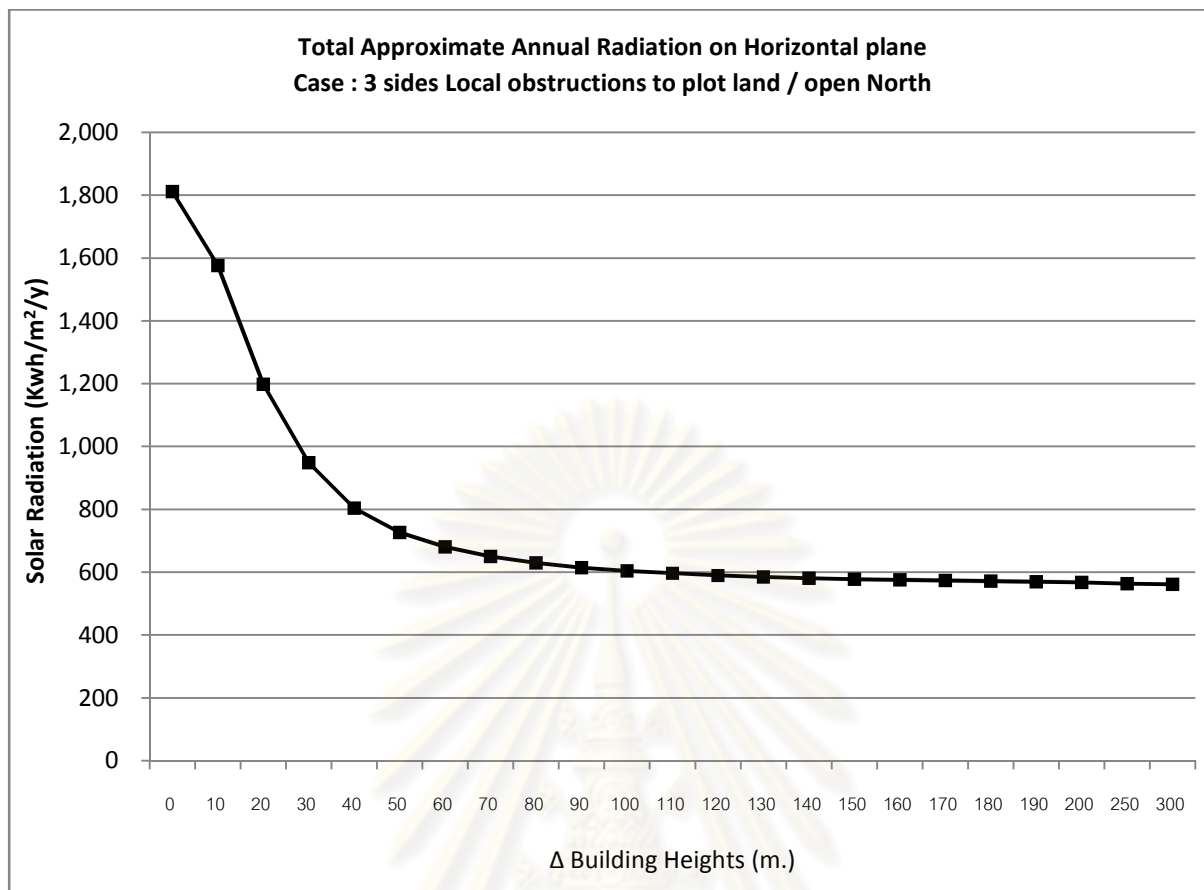
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์กรณี ผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดิน 3 ด้าน  
โดยเปิดโล่ง 1 ด้าน

1) เปิดโล่งด้านทิศเหนือ

ตาราง 4.15 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีของที่ดินขนาด 20x20 เมตร  
กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศเหนือ

Δ Heights ( m.)	Total Approximate Annual Radiation on Horizontal plane Open On North
	(KWh/m <sup>2</sup> /y)
0	1,812.29
10	1,756.55
20	1,198.61
30	949.10
40	840.44
50	726.54
60	680.67
70	650.09
80	629.72
90	614.45
100	604.78
110	596.92
120	589.95
130	584.49
140	581.11
150	578.10
160	575.90
170	573.73
180	571.74
190	569.95
200	568.11
250	563.48
300	561.59



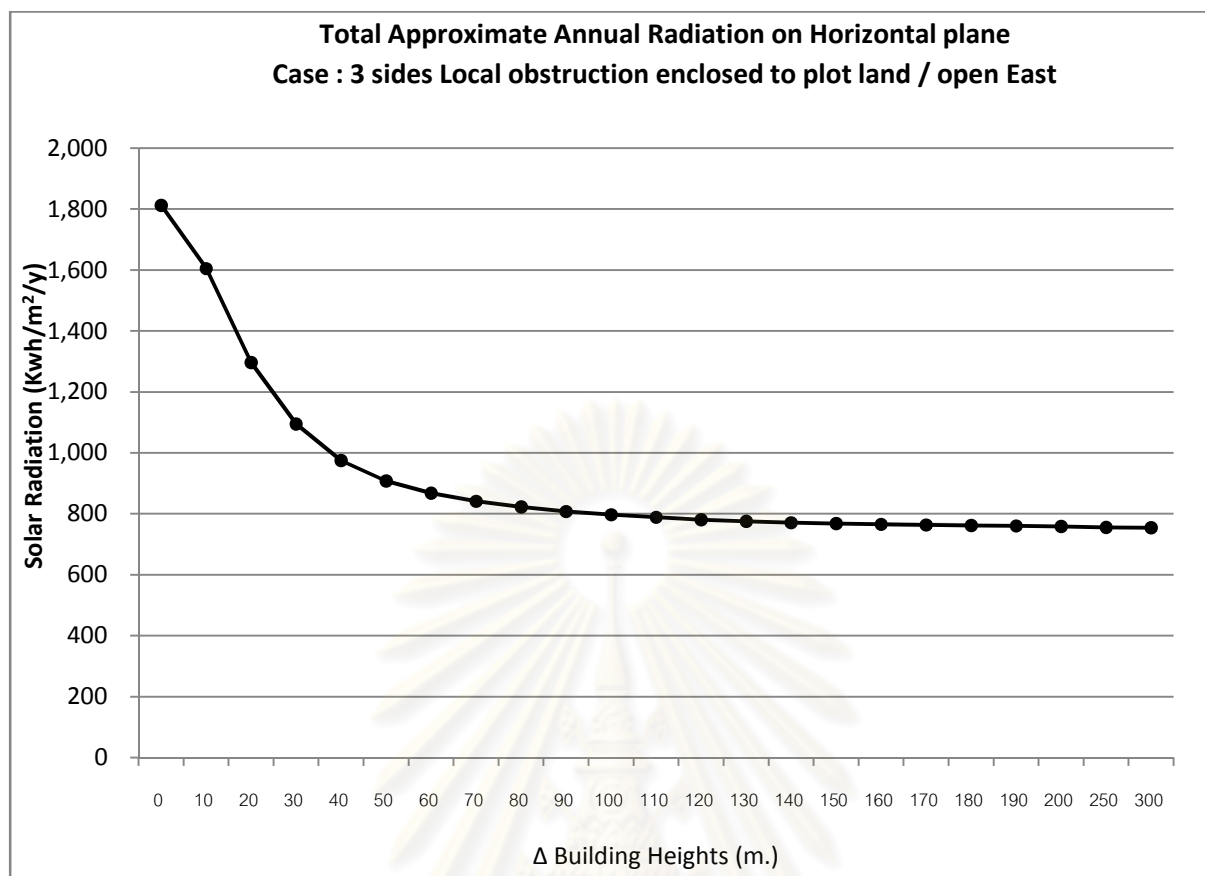
รูปที่ 4.15 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดิน 3 ด้าน โดยเปิดโล่งด้านทิศเหนือ

จากกราฟพบว่า ช่วงที่อาคารข้างเคียงมีความสูง 10 เมตร ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยรวมต่อพื้นที่ในระนาบทางนอนมีค่ามากที่สุดคือ 1,576.55 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปีและเมื่ออาคารข้างเคียงมีความสูงตั้งแต่ 80 เมตรเป็นต้นไป แนวโน้มของปริมาณพลังงานแสงมีอัตราที่ลดน้อยลงโดยเฉลี่ยประมาณ 3.21 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

## 2) เปิดโล่งด้านทิศตะวันออก

ตาราง 4.16 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีของที่ดินขนาด 20x20 เมตร  
กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศตะวันออก

Δ Heights ( m.)	Total Approximate Annual Radiation on Horizontal plane Open On East (KWh/m <sup>2</sup> /y)
	0
10	1,604.77
20	1,296.58
30	1,094.57
40	974.98
50	907.75
60	867.54
70	840.85
80	822.37
90	807.47
100	797.00
110	788.42
120	780.65
130	775.32
140	770.75
150	767.74
160	765.29
170	763.38
180	761.62
190	760.14
200	758.65
250	755.05
300	754.15



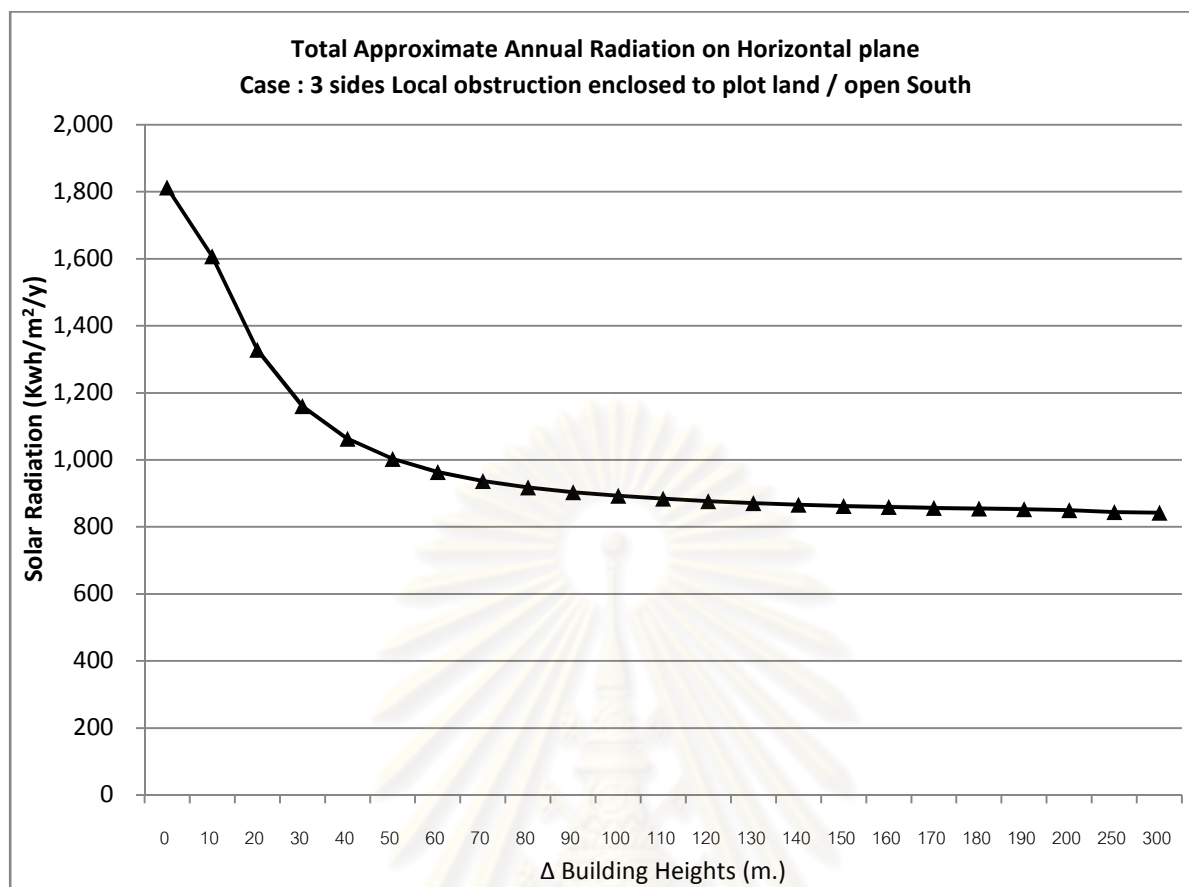
รูปที่ 4.16 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดิน 3 ด้าน โดยเปิดโล่งด้านทิศตะวันออก

จากกราฟพบว่า ช่วงที่อาคารข้างเคียงมีความสูง 10 เมตร ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยรวมต่อพื้นที่ในระนาบทางนอนมีค่ามากที่สุดคือ 1,604.77 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปีและเมื่ออาคารข้างเคียงมีความสูงตั้งแต่ 80 เมตรเป็นต้นไป แนวโน้มของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีอัตราที่ลดน้อยลงโดยเฉลี่ยประมาณ 3.12 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

## 3) เปิดโล่งด้านทิศใต้

ตาราง 4.17 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่โดยเฉลี่ยทั้งปีของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศใต้

Δ Heights ( m.)	Total Approximate Annual Radiation on Horizontal plane Open 0n South (KWh/m <sup>2</sup> /y)
	0
10	1,606.59
20	1,327.89
30	1,160.00
40	1,062.23
50	1,002.25
60	962.88
70	936.05
80	917.59
90	903.12
100	892.28
110	883.68
120	875.96
130	870.47
140	865.80
150	860.06
160	859.11
170	856.56
180	854.19
190	852.03
200	849.85
250	844.08
300	841.93



รูปที่ 4.17 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดิน 3 ด้าน โดยเปิดโล่งด้านทิศใต้

จากกราฟพบว่า ช่วงที่อาคารข้างเคียงมีความสูง 10 เมตร ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยรวมต่อพื้นที่ในระนาบทางนอนมีค่ามากที่สุดคือ 1,609.59 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปีและเมื่ออาคารข้างเคียงมีความสูงตั้งแต่ 80 เมตรเป็นต้นไป แนวโน้มของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีอัตราที่ลดน้อยลงโดยเฉลี่ยประมาณ 3.55 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

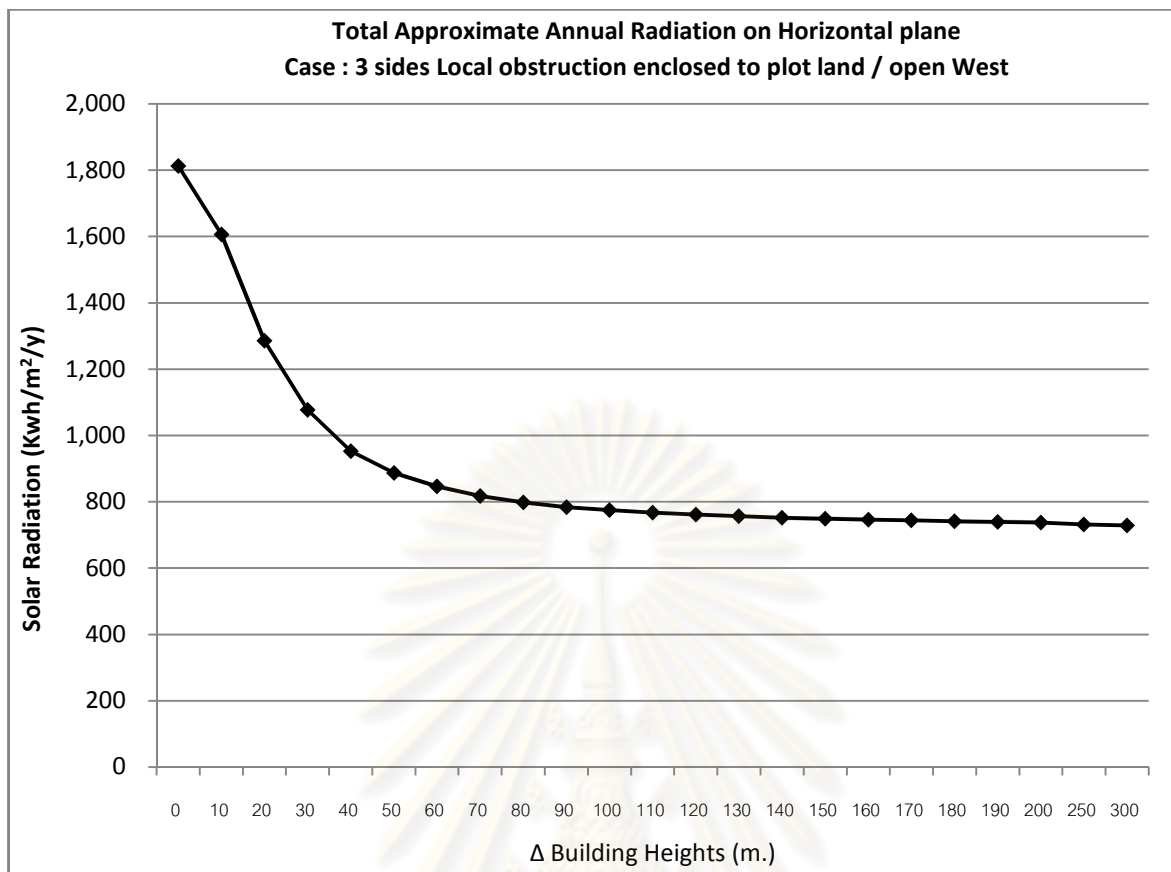
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## 4) เปิดโล่งด้านทิศตะวันตก

ตาราง 4.18 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยทั้งปีของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดิน 3 ด้านโดยเปิดโล่งด้านทิศตะวันตก

$\Delta$ Heights ( m.)	Total Approximate Annual Radiation on Horizontal plane Open On West (KWh/m <sup>2</sup> /y)
	0
10	1,605.46
20	1,285.36
30	1,076.62
40	952.70
50	886.93
60	846.73
70	817.58
80	798.19
90	783.98
100	775.03
110	767.58
120	761.06
130	756.13
140	751.87
150	748.56
160	746.02
170	743.56
180	741.14
190	738.93
200	736.90
250	731.02
300	728.58



รูปที่ 4.18 กราฟปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดินขนาด 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดิน 3 ด้าน โดยเปิดโล่งด้านทิศตะวันตก

จากกราฟพบว่า ช่วงที่อาคารข้างเคียงมีความสูง 10 เมตร ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยรวมต่อพื้นที่ในระนาบทางนอนมีค่ามากที่สุดคือ 1,605.46 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปีและเมื่ออาคารข้างเคียงมีความสูงตั้งแต่ 80 เมตรเป็นต้นไป แนวโน้มของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีอัตราที่ลดน้อยลงโดยเฉลี่ยประมาณ 3.80 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

## บทที่ 5

### อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

จากการใช้แบบจำลองเพื่อศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ของปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าและการเปลี่ยนแปลงความสูงอาคารข้างเคียงที่มีผลต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์นั้น จะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในทุกกรณีของแบบจำลอง ซึ่งผลการคำนวณปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าและปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ลงสู่พื้นที่ดิน ได้นำมาวิเคราะห์สรุปหาความสัมพันธ์โดยแยกข้อสรุปที่ได้เป็น 2 ส่วนคือ

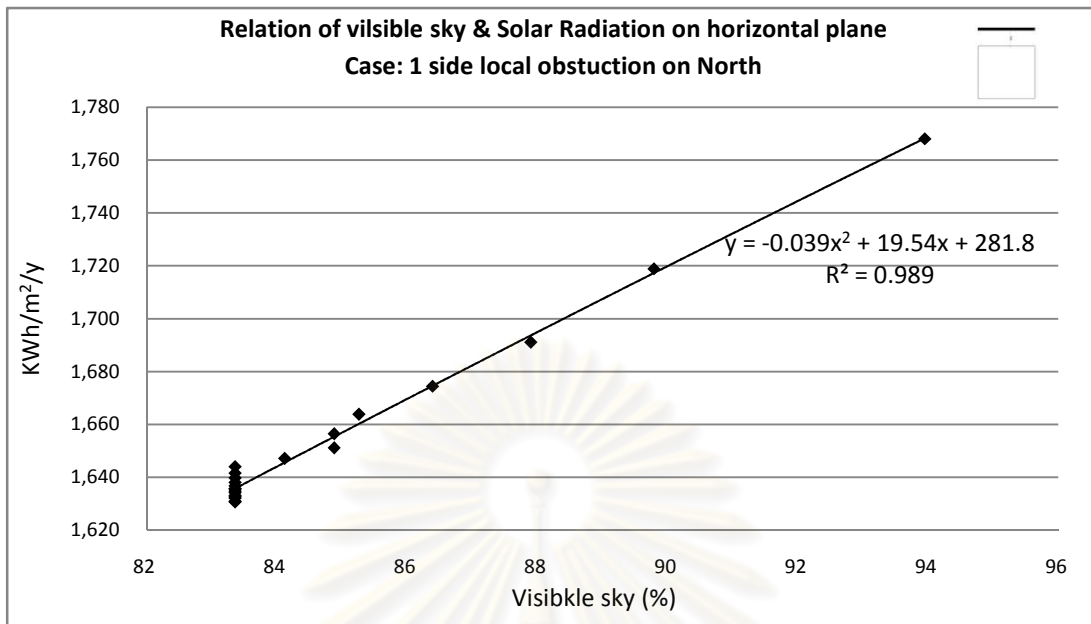
- 1) ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าที่มีผลต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีในระนาบทางนอน
- 2) ระดับความสูงที่ส่งผลต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีในระนาบทางนอน

5.1 ผลสรุปปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าที่ส่งผลต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีในระนาบทางนอน

5.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีในระนาบทางนอนของขนาดที่ดิน 20x20 เมตร ที่มีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน 1 ด้าน

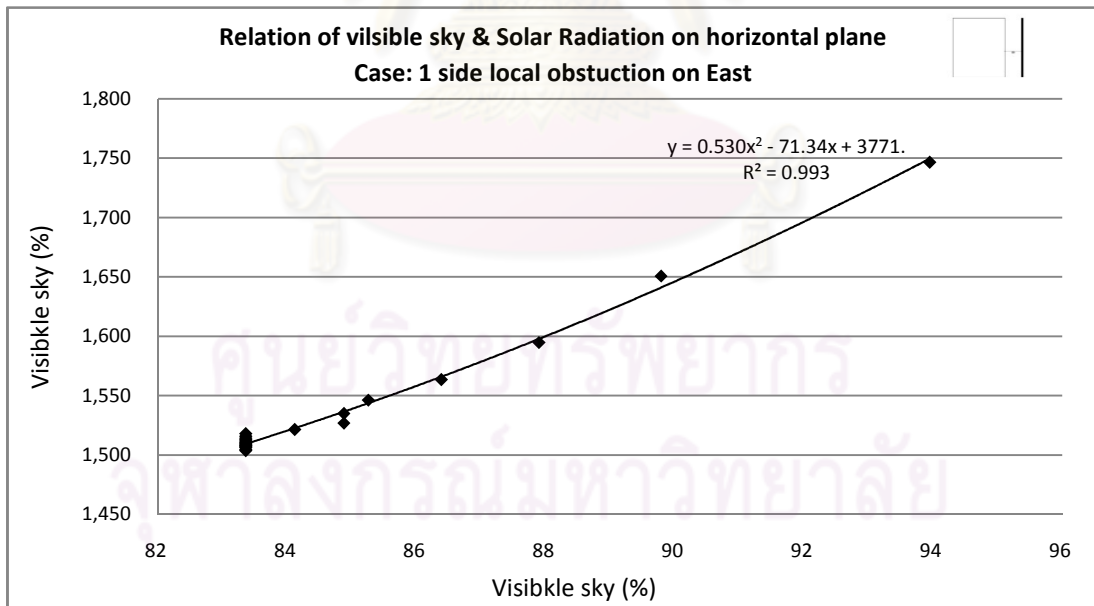
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1) กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินทิศเหนือ



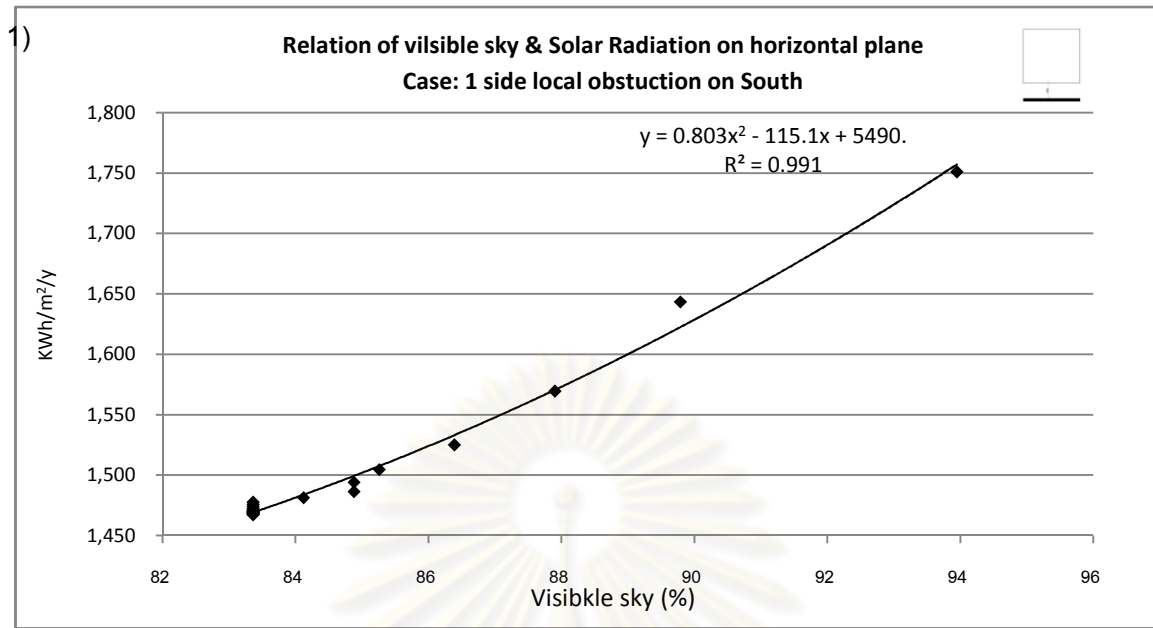
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินทิศเหนือ

2) กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินทิศตะวันออก



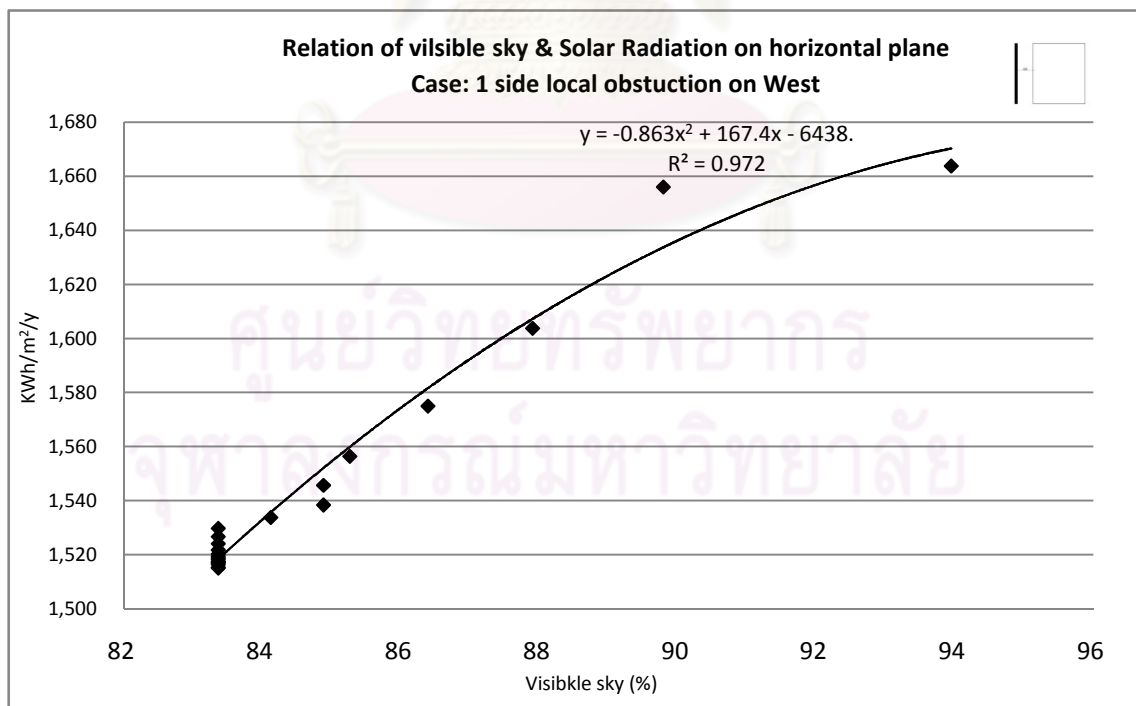
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินทิศตะวันออก

3) กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินทิศใต้



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินทิศใต้

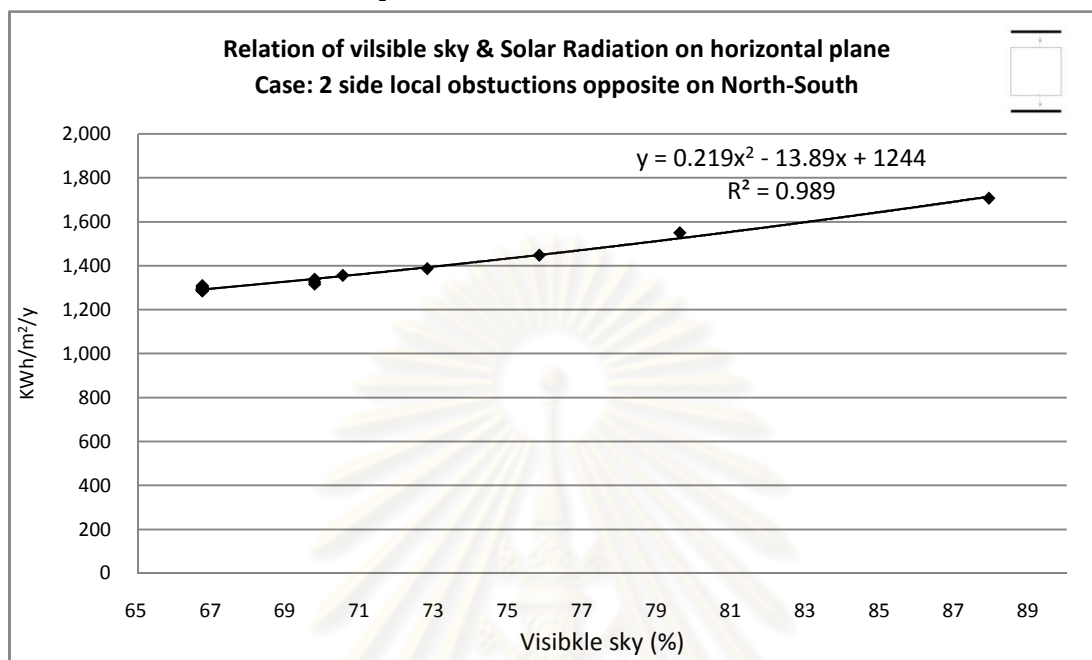
4) กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินทิศตะวันตก



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดินทิศตะวันตก

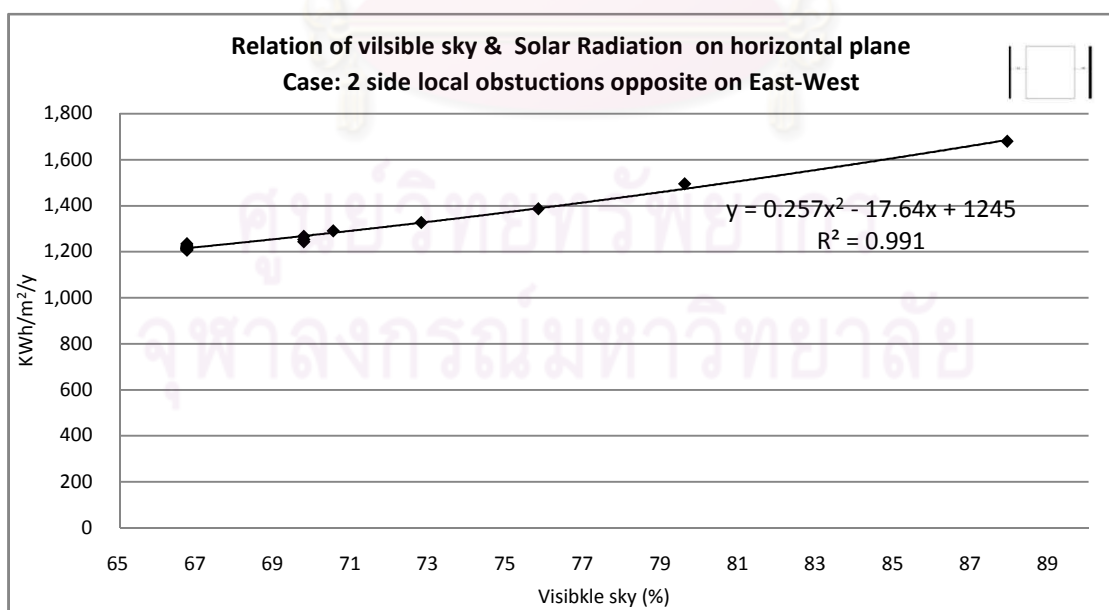
5.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน

1) กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน ทิศเหนือ-ใต้



รูปที่ 5.5 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน ทิศเหนือ-ใต้

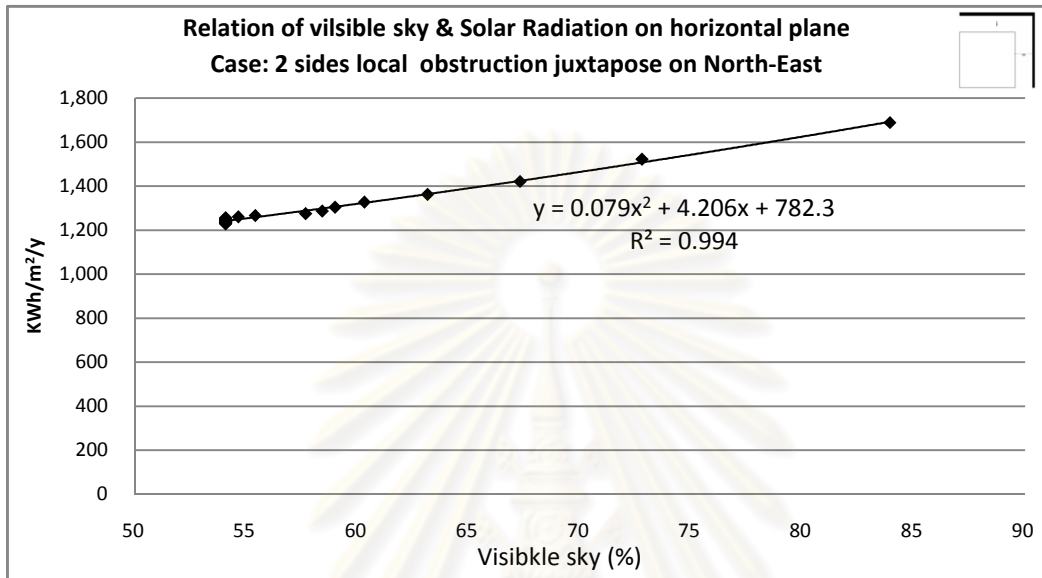
2) กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดินทิศตะวันออก-ตะวันตก



รูปที่ 5.6 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดินทิศตะวันออก-ตะวันตก

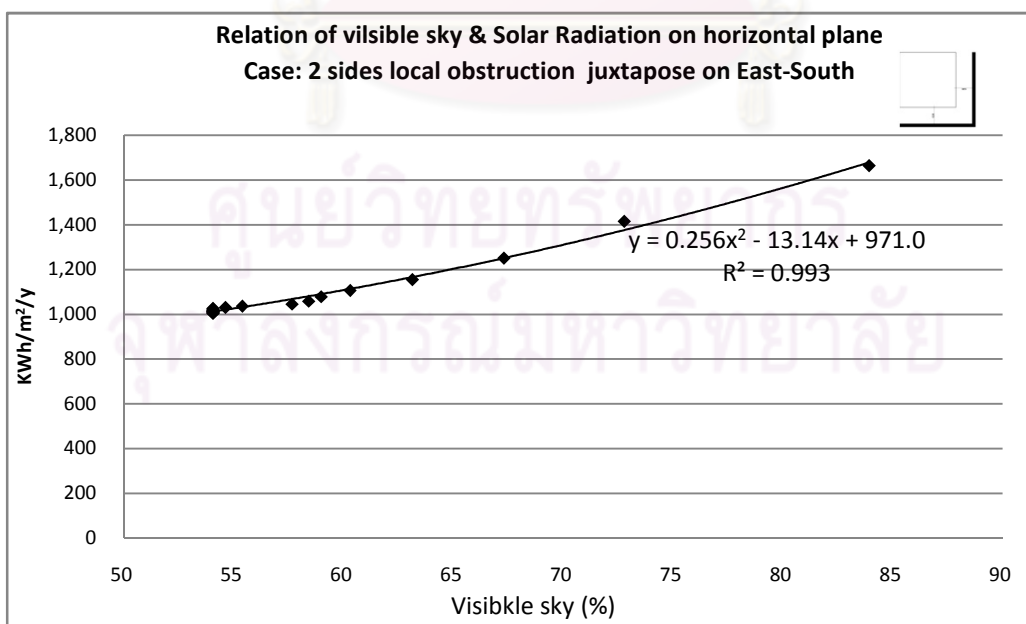
5.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย  
ทั้งปีในระนาบทางนอนของขนาดที่ดิน 20x20 เมตร กรณีที่มีฝั่งอาคารตัวแอล (L) 2 ด้าน  
ประชิดมุมที่ดิน

1) กรณีฝั่งอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ทิศเหนือ-ตะวันออก



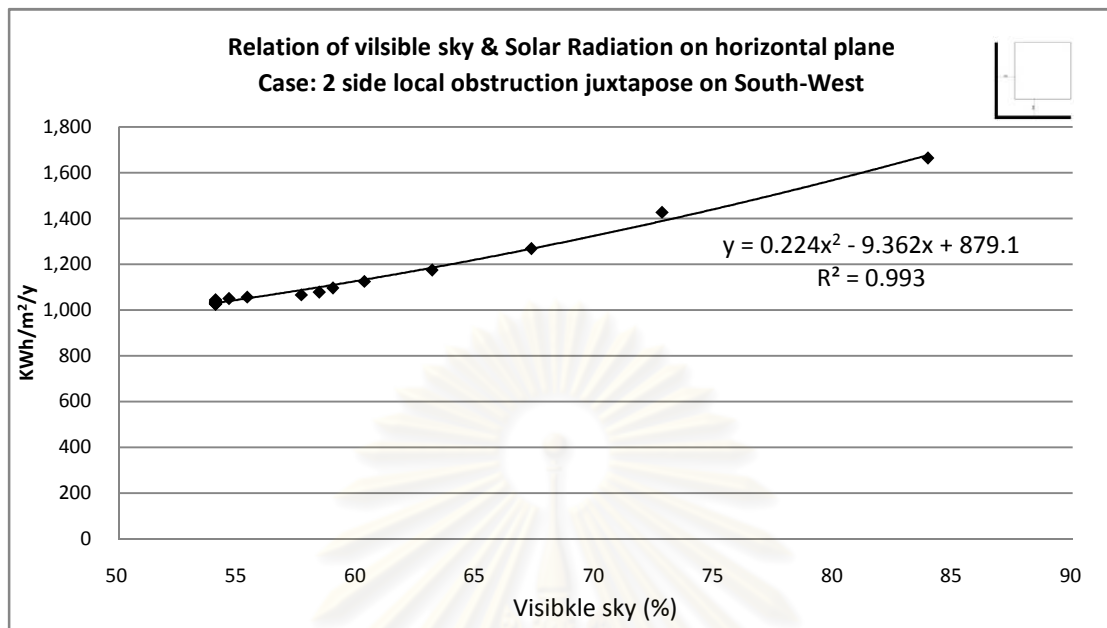
รูปที่ 5.7 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีฝั่งอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดินทิศเหนือ-ตะวันออก

2) กรณีฝั่งอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ทิศตะวันออก-ใต้



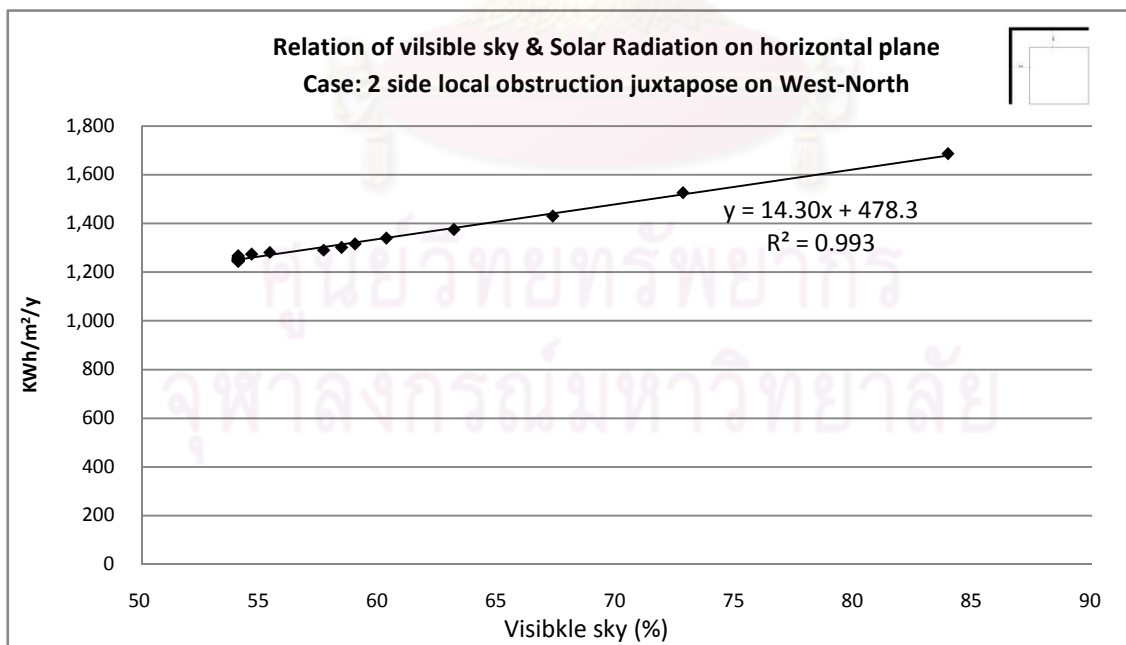
รูปที่ 5.8 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีฝั่งอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ทิศตะวันออก-ใต้

3) กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดินทิศใต้-ตะวันตก



รูปที่ 5.9 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีของที่ดิน 20 x 20 เมตร กรณีที่ดินติดกับผนังอาคารข้างเคียง 2 ด้าน ทิศใต้-ตะวันตก

4) กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ทิศตะวันตก-เหนือ

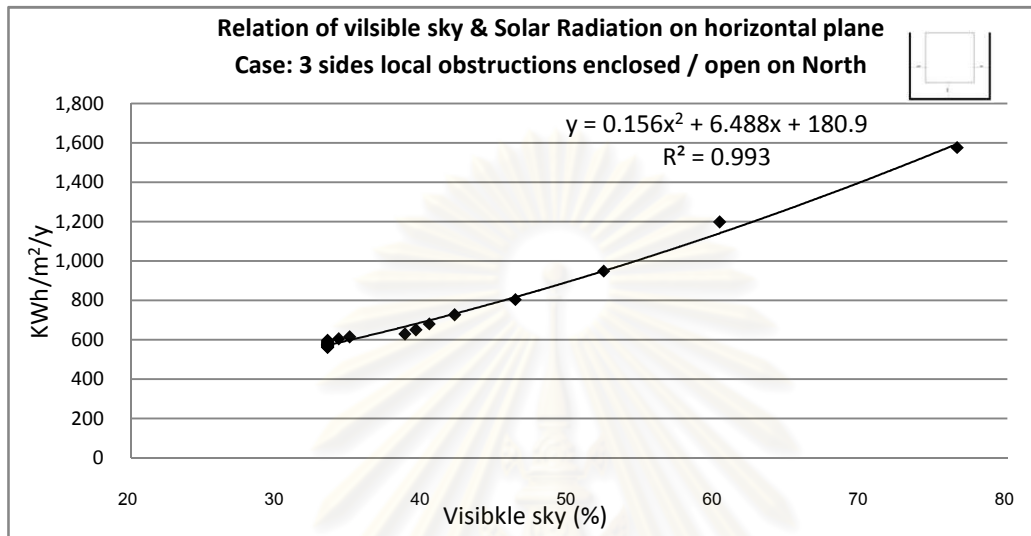


รูปที่ 5.10 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน ทิศตะวันตก-เหนือ



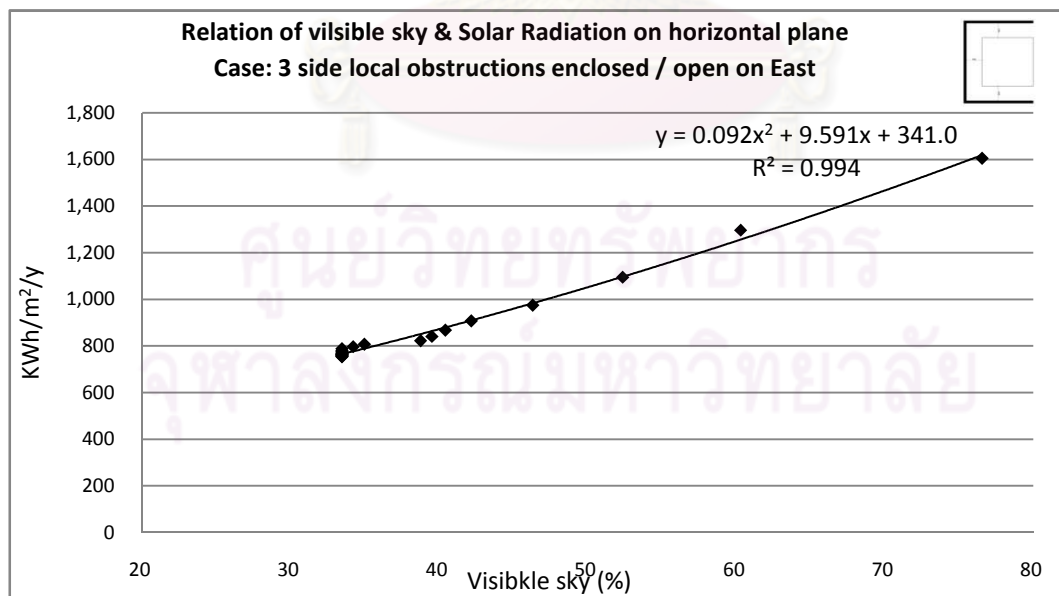
5.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย  
ทั้งปีในระนาบทางนอนของขนาดที่ดิน 20x20 เมตร กรณีที่มีผังอาคารแบบตัวยู (U) 3 ด้าน  
ล้อมรอบที่ดิน โดยเปิดโล่ง 1 ด้าน

1) กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศเหนือ



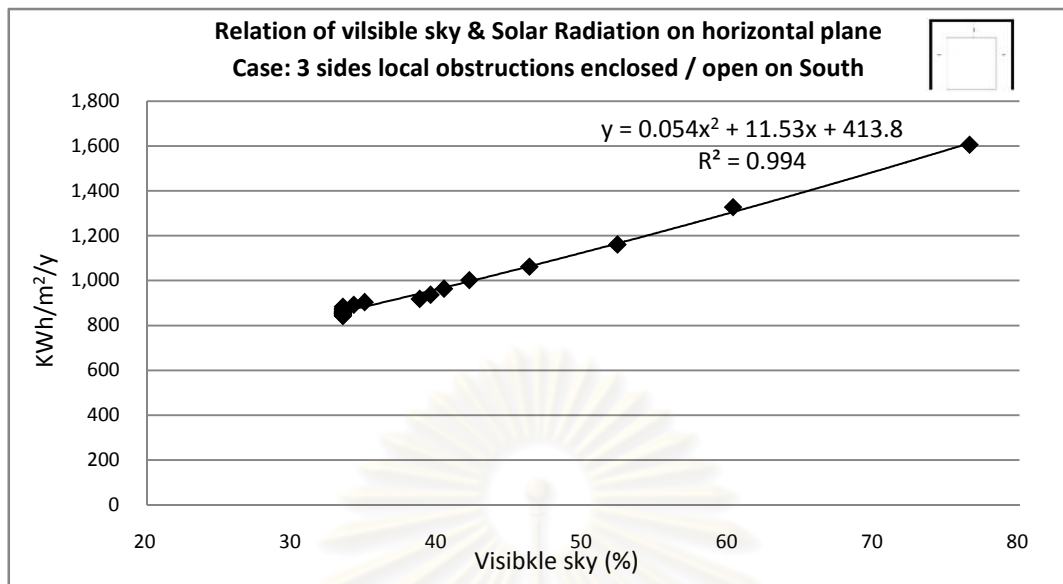
รูปที่ 5.11 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีของที่ดิน 20x20 เมตรกรณี  
ผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศเหนือ

2) กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศตะวันออก



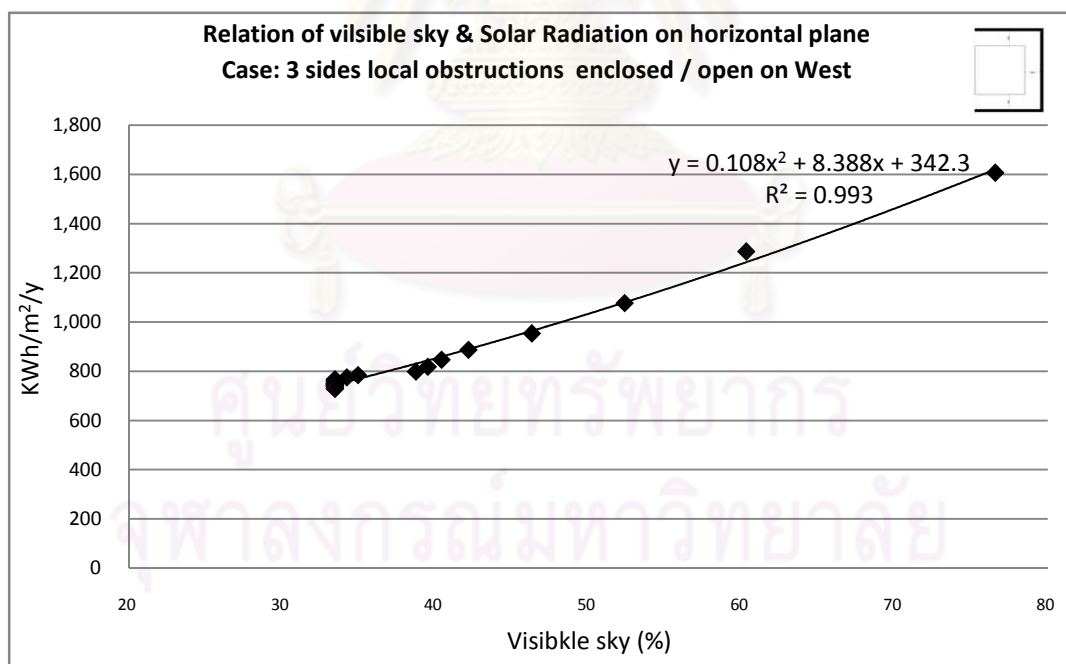
รูปที่ 5.12 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย  
ทั้งปีของที่ดิน 20x20 ม.กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศตะวันออก

3) กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศใต้



รูปที่ 5.13 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย  
 ทั้งปี ของที่ดิน 20x20 ม.กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศใต้

4) กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศตะวันตก

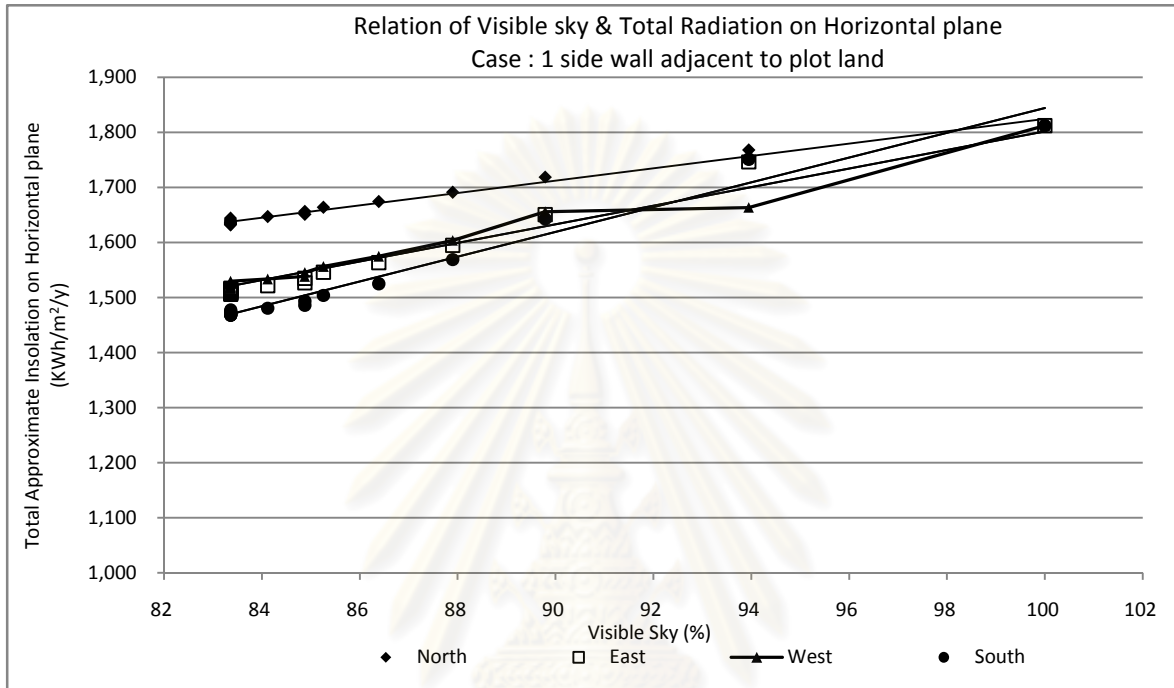


รูปที่ 5.14 กราฟสมการพยากรณ์ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย  
 ทั้งปี ของที่ดิน 20x20 ม. กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้านทิศตะวันตก

## 5.2 ผลสรุปการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าที่มีผลต่อระดับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี

□ ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าที่ส่งผลต่อระดับพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี

1) กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน



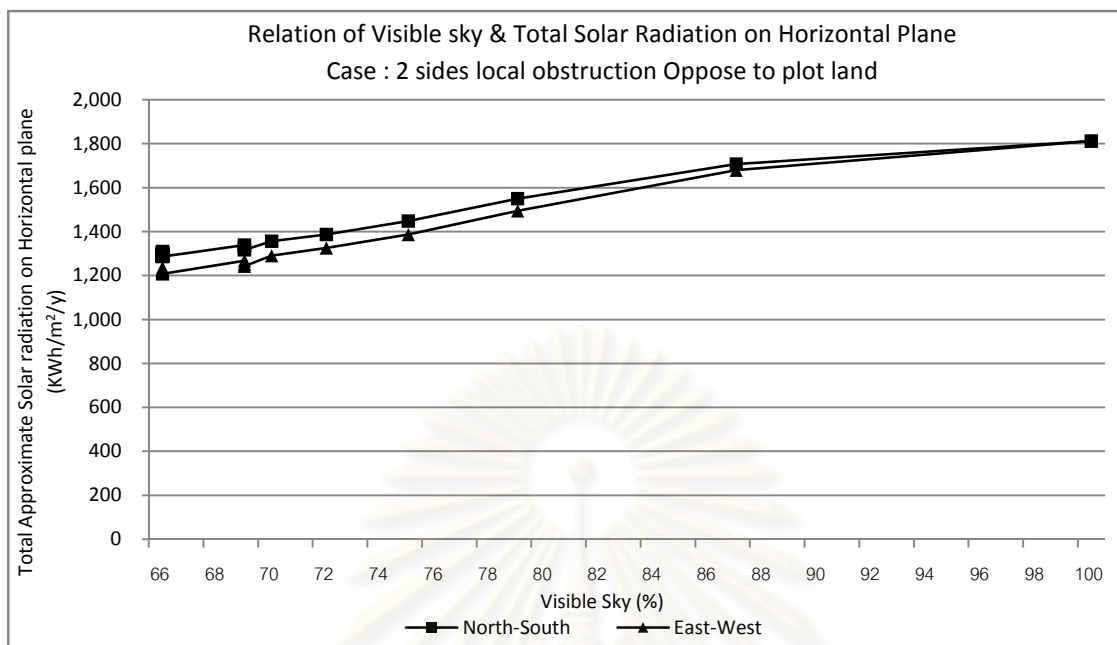
รูปที่ 5.15 กราฟแสดงปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์แบบเฉลี่ยทั้งปีในระนาบทางนอนของที่ดิน 20x20 เมตร กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน

ตาราง 5.1 แสดงรูปแบบสมการพยากรณ์ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ในระนาบทางนอนกรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน จากการวิเคราะห์โดยสมการถดถอยแบบเชิงเส้น

ทิศ	สมการพยากรณ์	R-square
เหนือ	$y = -0.039x^2 + 19.54x + 281.8$	0.989
ใต้	$y = 0.803x^2 - 115.1x + 5490$	0.991
ตะวันออก	$y = 0.530x^2 - 71.34x + 3771$	0.993
ตะวันตก	$y = -0.863x^2 + 167.4x - 6438$	0.972
โดยที่	Y = ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีในระนาบทางนอน (KWh/m <sup>2</sup> /y) X = ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้า (%)	

- จากแบบจำลองในกรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน พบว่าเมื่ออาคารมีความสูงระดับหนึ่ง ซึ่งในแบบจำลองนี้ คืออาคารมีความสูง 90 ม.เป็นต้นไป เพอร์เซ็นต์ในการมองเห็นท้องฟ้าทุกจะมีค่าเท่ากันทั้ง 4 ทิศ ซึ่งเกิดจากหลักการคำนวณจากแผนผังภาพโดมท้องฟ้าแบบครึ่งวงกลมตามทฤษฎีในการคำนวณบทที่ 2 ซึ่งค่าดังกล่าวเกิดจากการปริมาณพื้นที่ที่ถูกบดบังกับเทียบกับพื้นที่ที่มองเห็นท้องฟ้า ซึ่งกรณีที่แนวอาคารขนาดใหญ่มีความสูงมากกว่า 90 ม. ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าที่คำนวณได้จะคงที่ที่ระดับ 83.36 % และคงที่ไปตลอดไม่เปลี่ยนแปลง ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ามีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงทุกกรณี โดยพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าน้อยที่สุดเมื่ออาคารข้างเคียงประชิดที่ดินด้านทิศใต้โดยมีปริมาณต่ำสุดคือ 1,467 KWh/m<sup>2</sup>/y และกรณีอาคารข้างเคียงประชิดด้านทิศตะวันออกและตะวันตกจะมีพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใกล้เคียงกันคือประมาณ 1,510 KWh/m<sup>2</sup>/y ทั้งนี้หากพิจารณาที่ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ามีค่าคงที่เท่ากับ 83.36 % (ระดับความสูง 90 ม.เป็นต้นไป) จะพบว่าระดับพลังงานแสงอาทิตย์จะลดลงในอัตราที่น้อยคือโดยเฉลี่ยประมาณ 0.88 KWh/m<sup>2</sup>/y

2) กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน



รูปที่ 5.16 กราฟแสดงปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์แบบเฉลี่ยทั้งปีของขนาดที่ดิน 20x20 ม.กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน

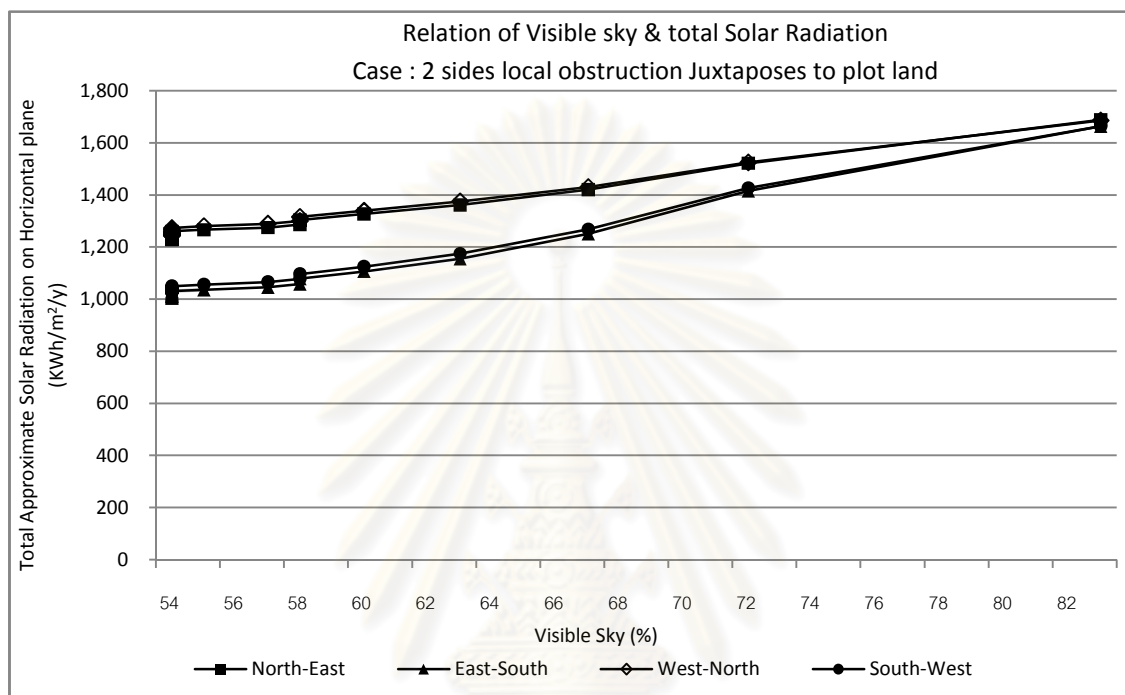
ตาราง 5.2 แสดงรูปแบบสมการพยากรณ์ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ในระนาบทางนอนกรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน จากการวิเคราะห์โดยสมการถดถอยแบบเชิงเส้น

ทิศ	สมการพยากรณ์	R-square
เหนือ-ใต้	$y = 0.219x^2 - 13.89x + 1244$	0.989
ตะวันออก-ตะวันตก	$y = 0.257x^2 - 17.64x + 1245$	0.991
โดยที่	Y = ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ในระนาบทางนอน (KWh/m <sup>2</sup> /y) X = ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้า (%)	

- จากแบบจำลองในกรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน พบว่าปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ามีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงทุกกรณี โดยปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าน้อยที่สุดเมื่ออาคารข้างเคียงประชิดที่ดินด้านทิศใต้โดยมีปริมาณต่ำสุดคือ 1,467 KWh/m<sup>2</sup>/y และกรณีอาคารข้างเคียงประชิดด้านทิศตะวันออกและตะวันตกจะมีปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใกล้เคียงกันคือประมาณ 1,510 KWh/m<sup>2</sup>/y

ทั้งนี้หากพิจารณาที่ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ามีค่าคงที่เท่ากับ 83.36 % (ระดับความสูง 90 ม.เป็นต้นไป) จะพบว่าระดับพลังงานแสงอาทิตย์จะลดลงในอัตราที่น้อยคือโดยเฉลี่ยประมาณ 1.82 KWh/m<sup>2</sup>/y

### 3) กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน



รูปที่ 5.17 กราฟแสดงปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์แบบเฉลี่ยทั้งปีของที่ดิน 20x20 ม.กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน

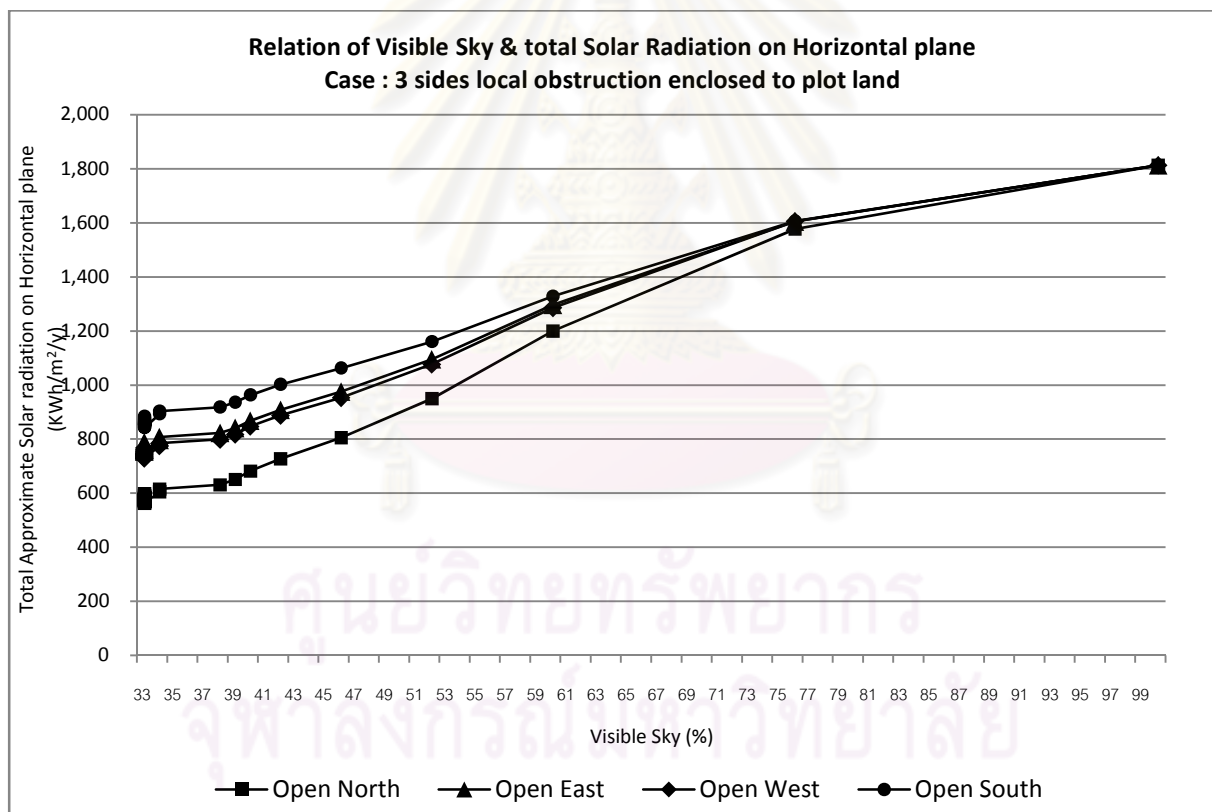
ตาราง 5.3 แสดงรูปแบบสมการพยากรณ์ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน จากการวิเคราะห์โดยสมการถดถอยแบบเชิงเส้น

ทิศ	สมการพยากรณ์	R-square
เหนือ-ตะวันออก	$y = 0.079x^2 + 4.206x + 782.3$	0.994
ตะวันออก-ใต้	$y = 0.256x^2 - 13.14x + 971$	0.993
ใต้-ตะวันตก	$y = 0.224x^2 - 9.362x + 879.1$	0.993
ตะวันตก-เหนือ	$y = 14.30x + 478.3$	0.993
โดยที่	Y = ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ในระนาบทางนอน (KWh/m <sup>2</sup> /y) X = ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้า (%)	

- จากแบบจำลองในกรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน พบว่าปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ามีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงทุกกรณี โดยปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าน้อยที่สุดเมื่ออาคารข้างเคียงประชิดที่ดินด้านทิศตะวันออก-ใต้ โดยมีปริมาณต่ำสุดคือ 1,467 KWh/m<sup>2</sup>/y และกรณีอาคารข้างเคียงประชิดด้านทิศตะวันออกและตะวันตกจะมีปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใกล้เคียงกันคือประมาณ 1,510 KWh/m<sup>2</sup>/y

ทั้งนี้หากพิจารณาที่ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ามีค่าคงที่เท่ากับ 83.36 % (ระดับความสูง 90 ม.เป็นต้นไป) จะพบว่าระดับพลังงานแสงอาทิตย์อาทิตย์จะลดลงในอัตราที่น้อยคือโดยเฉลี่ยประมาณ 2.06 KWh/m<sup>2</sup>/y

- 4) กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่ง 1 ด้าน



รูปที่ 5.18 กราฟแสดงปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ากับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์แบบเฉลี่ยทั้งปีในระนาบทางนอนของขนาดที่ดิน 20x20 ม.กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่งด้าน

ตาราง 5.4 แสดงรูปแบบสมการพยากรณ์ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ในระนาบทางนอน กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่ง 1 ด้านจากการวิเคราะห์โดยสมการถดถอยแบบเชิงเส้น

ทิศ	สมการพยากรณ์	R-square
เปิดโล่ง ทิศเหนือ	$y = 0.156x^2 + 6.488x + 180.9$	0.993
เปิดโล่ง ทิศตะวันออก	$y = 0.092x^2 + 9.591x + 341.0$	0.994
เปิดโล่งทิศใต้	$y = 0.054x^2 + 11.53x + 413.8$	0.994
เปิดโล่งทิศ ตะวันตก	$y = 0.108x^2 + 8.388x + 342.3$	0.993
โดยที่	Y = ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปี ในระนาบทางนอน (KWh/m <sup>2</sup> /y) X = ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้า (%)	

- จากแบบจำลองในกรณีที่ที่ดินมีอาคารข้างเคียง 3 ด้านมีความสูงต่างกัน พบว่าปริมาณการมองเห็นท้องฟ้ามีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงทุกกรณี โดยปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าน้อยที่สุดเมื่ออาคารข้างเคียงประชิดที่ดินด้านทิศใต้โดยมีปริมาณต่ำสุดคือ 1,467 KWh/m<sup>2</sup>/y และกรณีอาคารข้างเคียงประชิดด้านทิศตะวันออกและตะวันตกจะมีปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใกล้เคียงกันคือประมาณ 1,510 KWh/m<sup>2</sup>/y  
ทั้งนี้หากพิจารณาที่เปอร์เซ็นต์ในการมองเห็นท้องฟ้ามีค่าคงที่เท่ากับ 83.36 % (ระดับความสูง 90 ม.เป็นต้นไป) จะพบว่าระดับพลังงานแสงอาทิตย์จะลดลงในอัตราที่น้อยคือโดยเฉลี่ยประมาณ 3.12 KWh/m<sup>2</sup>/y

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### 5.3 ผลสรุประดับความสูงอาคารข้างเคียงที่ส่งผลต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีใน ระนาบทางนอน

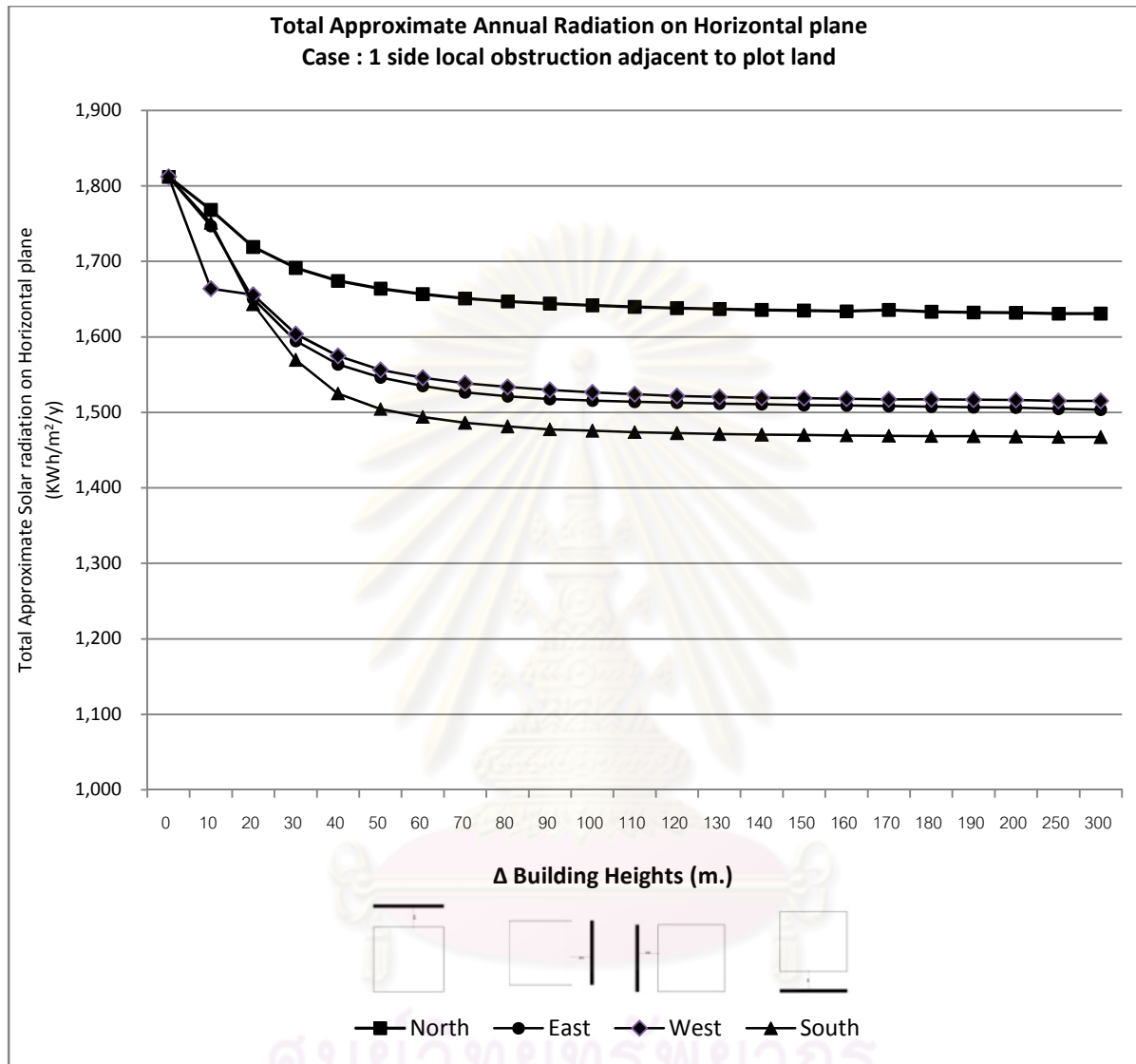
จากการศึกษาแบบจำลองทั้ง 4 ชุดทำให้พบว่าความสูงในแต่ละแบบส่งผลต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยในระนาบทางนอนในปริมาณที่ต่างกัน โดยความสูงแปรผกผันกับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ในระนาบทางนอน อย่างไรก็ตาม ในทุกแบบจำลองจะพบว่าเมื่ออาคารมีความสูงจนถึงระดับหนึ่งปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าจะมีค่าคงที่และไม่มีการเปลี่ยนแปลงแม้อาคารจะมีความสูงเพิ่มขึ้นก็ตาม ดังนั้นหากใช้สมการพยากรณ์กรณีที่อาคารมีความสูงเพิ่มมากขึ้นจากจุดที่ปริมาณการมองเห็นท้องฟ้าคงที่ ความถูกต้องของค่าเฉลี่ยปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่ในระนาบทางนอนอาจไม่ตรงกับปริมาณที่เกิดจากตัวแปรด้านความสูง ซึ่งเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงกับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยในระนาบทางนอนกลับพบว่าเมื่อแนวโน้มลดลงในอัตราที่ต่ำแม้จะมีเปอร์เซ็นต์การมองเห็นท้องฟ้าที่เท่ากันก็ตาม



ศูนย์วิทยพัทยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5.2.1 การจัดวางอาคารและความสูงต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีในระนาบทางนอน

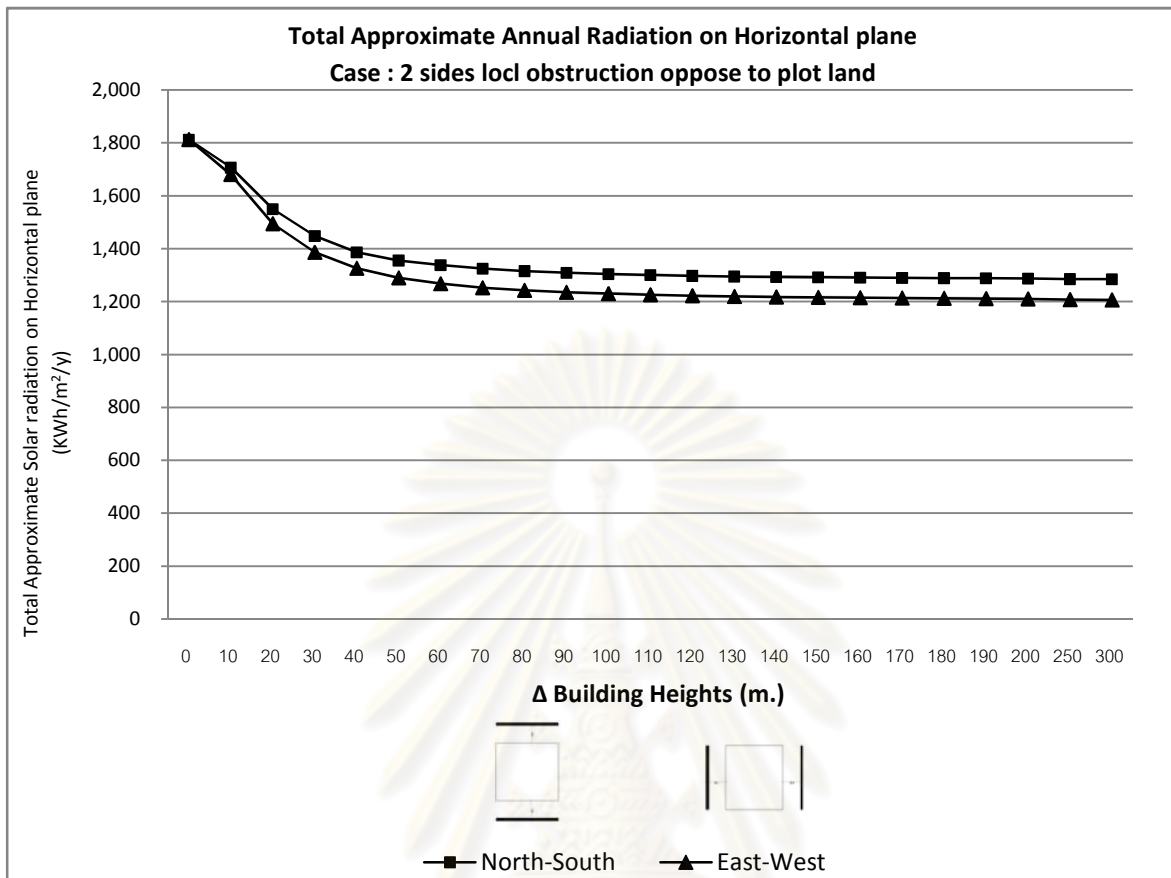
### 1) กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน



รูปที่ 5.19 กราฟแสดงปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีในระนาบทางนอนของขนาดที่ดิน 20x20 ม. กรณีผังอาคารแบบตัวไอ (I) ประชิดที่ดิน

- เมื่อพิจารณาระดับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่ระนาบทางนอนพบว่าปริมาณรังสีน้อยที่สุดได้แก่กรณีอาคารข้างเคียงประชิดที่ดินด้านทิศใต้ มีความสูงประมาณ 100 เมตรขึ้นไปจะปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 1,467.09 กิโลวัตต์ ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

2) กรณีที่ดินติดกับแนวผนังอาคารข้างเคียง 2 ด้านแบบตัวไอคู่ ตรงข้ามที่ดิน

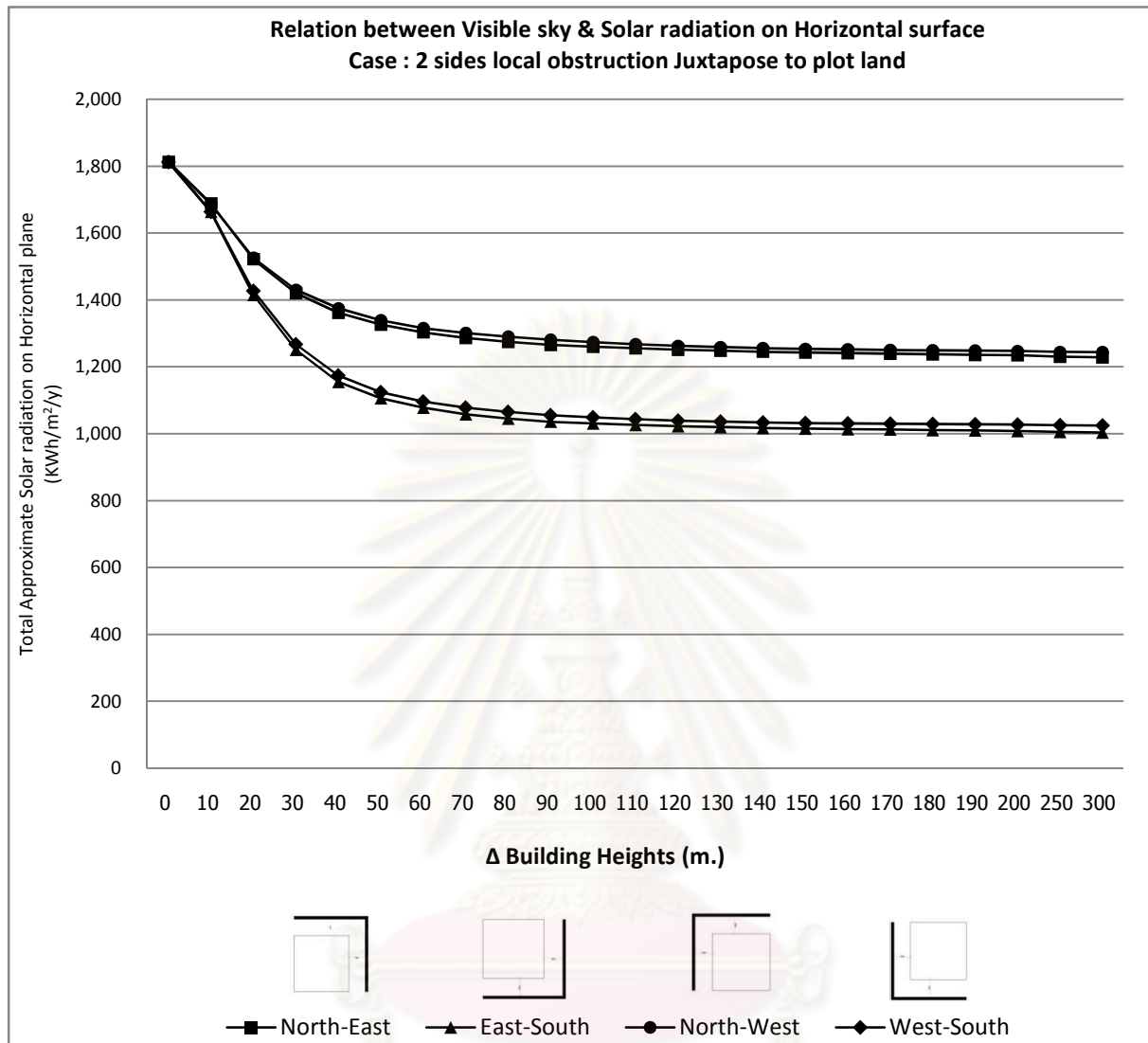


รูปที่ 5.20 กราฟแสดงปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีในระนาบทางนอนของขนาดที่ดิน 20x20 ม. กรณีผนังอาคารแบบตัวไอ (I) คู่ตรงข้ามที่ดิน

- เมื่อพิจารณาระดับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่ระนาบทางนอนพบว่าปริมาณรังสีน้อยที่สุดได้แก่กรณี อาคารข้างเคียงประชิดที่ดินด้านทิศตะวันตก-ใต้มีความสูงประมาณ 100 เมตรขึ้นไปจะปริมาณรังสีดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 1,206.23 kWh/m<sup>2</sup>/y

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

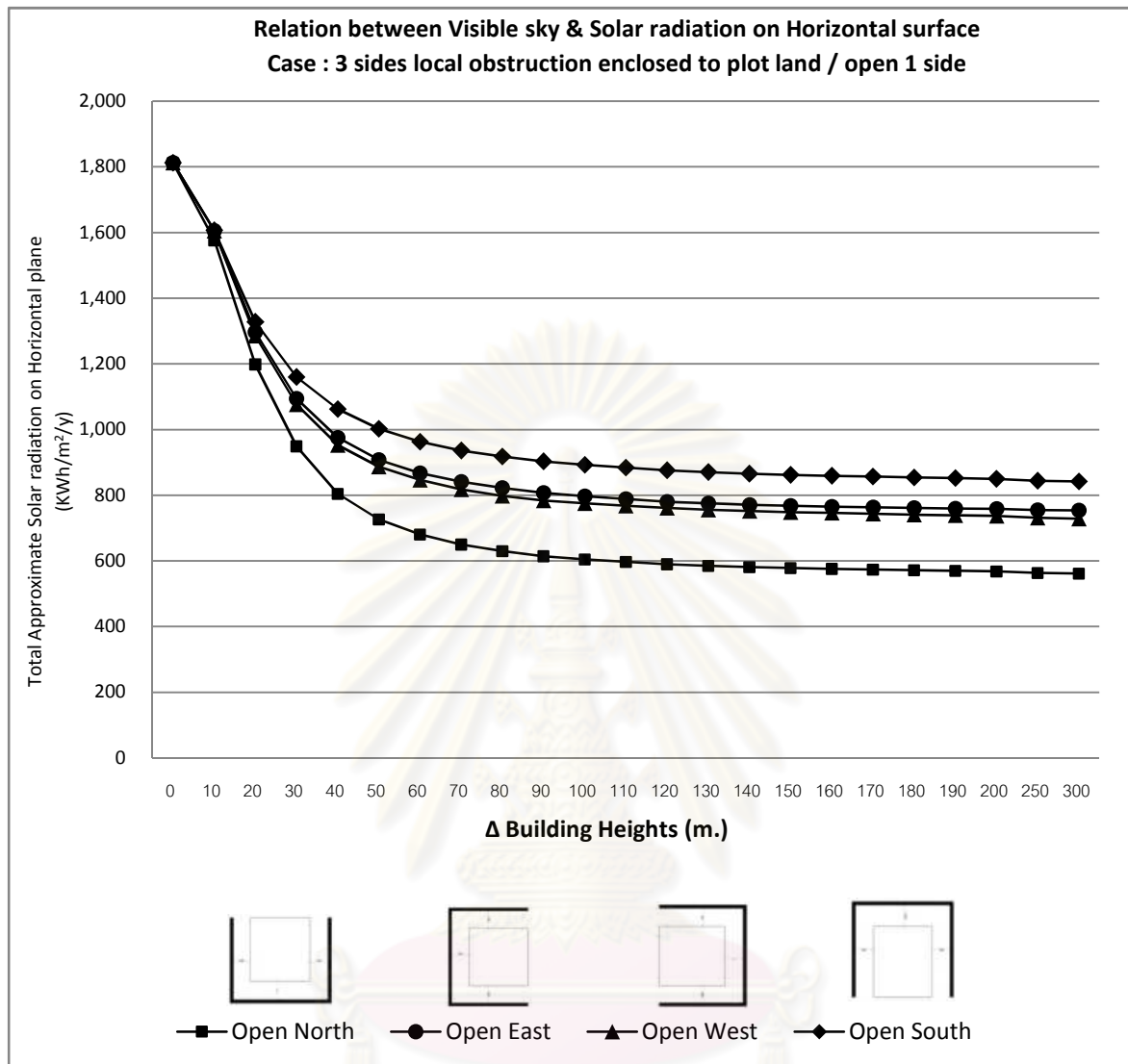
3) กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน



รูปที่ 5.21 กราฟแสดงปริมาณพลังงานอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีในระนาบทางนอนของขนาดที่ดิน 20x20 ม. กรณีผังอาคารแบบตัวแอล (L) ประชิดมุมที่ดิน

- พิจารณาระดับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่ระนาบทางนอนพบว่าปริมาณรังสีน้อยที่สุดได้แก่กรณี อาคารข้างเคียงประชิดที่ดินด้านทิศตะวันออก-ใต้มีความสูงประมาณ 100 เมตรขึ้นไปจะปริมาณรังสีดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 1,003.50 kWh/m<sup>2</sup>/y





4) กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดินโดยเปิดโล่ง 1 ด้าน



รูปที่ 5.22 กราฟแสดงปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีในระนาบทางนอนของขนาดที่ดิน 20x20 ม. กรณีผังอาคารแบบตัวยู (U) ล้อมรอบที่ดิน 3 ด้านโดยมีด้านหน้าโล่ง 1 ด้านในแต่ละทิศ

- เมื่อพิจารณาระดับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ต่อพื้นที่ระนาบทางนอนพบว่าปริมาณรังสีน้อยที่สุดได้แก่กรณีอาคารข้างเคียงประชิดที่ดิน 3 ด้านโดยเปิดโล่งด้านหน้าทางทิศเหนือ มีความสูงประมาณ 100 เมตรขึ้นไปจะปริมาณรังสีดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีประมาณ  $561 \text{ kWh/m}^2/\text{y}$

- ผลสรุปการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ตามช่วงความสูงอาคารเพื่อใช้ประเมินกับความสูงตามกฎหมายอาคารและเป็นข้อมูลเพื่อการประยุกต์ใช้

นิยามความสูงที่กำหนดตามกฎหมายอาคาร	ความสูงอาคาร ( m.)	Worse Case 1 (KWh/m <sup>2</sup> /y)	Worse Case 2 (KWh/m <sup>2</sup> /y)	Worse Case 3 (KWh/m <sup>2</sup> /y)	Worse Case 4 (KWh/m <sup>2</sup> /y)
					
		1 - S	2 -E-W	2-E-S	3-Open-N
กรณีเป็นอาคารสูงตาม กม.	200 - 300	1,467.49	1,207.98	1,005.66	564.39
กรณีเป็นอาคารสูงตาม กม.	90 - 200	1,470.58	1,219.11	1,107.44	584.14
กรณีเป็นอาคารสูงตาม กม.	23 - 90	1,505.35	1,285.74	1,094.80	722.14
15 - 23	15 - 23	1,629.84	1,420.22	1,332.74	876.77
< 15	< 15	1,663.72	1,679.63	1,663.72	1,576.77

ตาราง 5.5 การเปรียบเทียบปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในระนาบทางนอนของขนาดที่ดิน 20 x 20 ม.ที่มีแนวอาคารขนาดใหญ่ประชิดที่ดินซึ่งส่งผลกระทบต่อมากที่สุดในแต่ละกรณี

- ศักยภาพในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์  
จากตารางค่าเฉลี่ยปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงความสูงหากนำไปใช้ประเมินกับมาตรฐานของการผลิตพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ในท้องตลาดซึ่งปัจจุบันสามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยสูงสุดต่อปีประมาณ 1,600 - 1,800 kWh/m<sup>2</sup>/y ซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากบ้าน 1 หลัง ประมาณ 3,750-4,500 หน่วย/ปี โดยเปรียบเทียบจากข้อมูลโครงการบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ กฟผ. (พลังงานแสงอาทิตย์ทางเลือกของแหล่งพลังงาน: การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย , 2553 : ออนไลน์) ซึ่งคัดเลือกบ้านที่มีพื้นที่หลังคาขนาด 24-40 ตารางเมตร เพื่อติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 30 แผง กำลังการผลิตรวมประมาณ 2.5 kW โดยในช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์จะผลิต

ไฟฟ้ากระแสตรงผ่านเข้าสู่เครื่อง แปลงกระแสไฟฟ้าเพื่อเปลี่ยนให้เป็น  
กระแสสลับ ขนาด 2.5 kW

ซึ่งหากระดับปริมาณพลังงานงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกลงสู่พื้นดินมีค่าลดลงจาก  
แบบจำลองในแต่ละกรณี พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์จะลดลงโดยมี  
ค่าประมาณ

- 9-12 % ในกรณี 1 หากอาคาร 1 ด้านมีความสูงตั้งแต่ 23-300 ม.
  - 20-33 % ในกรณี 2 หากอาคาร 2 ด้านมีความสูงตั้งแต่ 23-300 ม.
  - 40-55 % ในกรณี 3 หากอาคาร 2 ด้านมีความสูงตั้งแต่ 23-300 ม.
  - 50-70 % ในกรณี 4 หากอาคาร 2 ด้านมีความสูงตั้งแต่ 23-300 ม.
- ระดับความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อเทียบกับปริมาณพลังงาน  
แสงอาทิตย์จากทั้งประเทศเป็นรายวัน โดยเฉลี่ยต่อปีจะอยู่ที่ 18.2 เมกะจูลล์ต่อ  
ตารางเมตรต่อวันหรือมีค่าประมาณ 5.06 KWh/m<sup>2</sup>/-day จะพบว่าค่าเฉลี่ยระดับ  
พลังงานรังแสงอาทิตย์จะลดลงโดยถือเอาค่าต่ำสุดจากแบบจำลองทั้ง 4 กรณีมี  
ค่าลดลงดังต่อไปนี้
- ลดลงสูงสุด 5 % ในกรณีที่ 1 คือเมื่ออาคาร 1 ด้านมีความสูงถึงระยะ 300 ม. โดยจะมี  
ระดับพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย 4.80 KWh/m<sup>2</sup>/-day
  - ลดลงสูงสุด 30 % ในกรณีที่ 2 คือเมื่อแนวอาคาร 2 ด้านขนานที่พื้นมีความสูงถึงระยะ  
300 ม. โดยจะมีระดับพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย 3.50 KWh/m<sup>2</sup>/-day
  - ลดลงสูงสุด 50 % ในกรณีที่ 3 คือเมื่อแนวอาคารประชิดมุมที่ดิน 2 ด้านมีความสูงถึง  
ระยะ 300 ม. โดยจะมีระดับพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย 2.75 KWh/m<sup>2</sup>/-day
  - ลดลงสูงสุด 70 % ในกรณีที่ 4 คือเมื่ออาคาร 3 ด้านมีความสูงถึงระยะ 300 ม. โดยจะมี  
ระดับพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย 1.54 KWh/m<sup>2</sup>/-day

#### 5.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบจำลองกรณี Worst Case scenario โดยใช้แบบจำลองในสัดส่วนพื้นที่เล็กเป็นตัวอย่างในการตั้งต้นศึกษา ในกรณีที่อาคารข้างเคียงมีขนาดที่แตกต่างจากแบบจำลอง พบว่าสมการที่ใช้พยากรณ์จะมีความแตกต่างหากขนาดอาคารข้างเคียงเกินขอบเขตที่ดิน แต่ในกรณีที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนผังสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ใกล้เคียงกับแบบจำลอง ซึ่งสามารถใช้รูปแบบการศึกษานี้เป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาต่อไป ในส่วนของการระบุปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากการคำนวณ ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยโดยรวมตลอดทั้งปีของระนาบทางนอน มิได้ระบุเฉพาะเจาะจงในช่วงเวลาใดโดยเฉพาะ จึงไม่ได้นำเสนอให้เห็นถึงช่วงเวลาต่างๆซึ่งอาจมีความแตกต่างของปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปีตามฤดูกาลในแต่ละเดือนรวมถึงการวัดปริมาณในระนาบทางตั้งซึ่งควรทำการศึกษาต่อไป อย่างไรก็ดี ผู้วิจัยได้สรุปประเด็นข้อเสนอแนะอื่นๆที่สำคัญสำหรับการศึกษารั้งต่อไปในอนาคต ดังนี้

- การใช้งานโปรแกรม Google SketchUp : SunTools Plug in (V2.0) นั้นจะมีข้อดีสำหรับผู้ใช้งานทั่วไปซึ่งสามารถเรียนรู้การใช้งานได้สะดวก เนื่องจากเป็นโปรแกรมใช้งานที่เริ่มมีความแพร่หลายและไม่จำเป็นต้องเสียค่าลิขสิทธิ์ในการใช้งานเมื่อเทียบกับการใช้โปรแกรม Ecotect อีกทั้งโปรแกรม Google SketchUp นั้นสามารถใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของกายภาพที่ตั้งร่วมกับโปรแกรม Google Earth ซึ่งในอนาคตหากมีการสร้างโมเดลอาคาร 3 มิติของพื้นที่ต่างๆเพื่อนำไปใช้งานด้านอื่นๆ ก็จะสามารถนำโมเดลอาคารนั้นมาระบุค่าเปอร์เซ็นต์การมองเห็นท้องฟ้าในสมการพยากรณ์ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่อาจมีการศึกษาเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยค่าเปอร์เซ็นต์การมองเห็นท้องฟ้าทำได้สะดวกขึ้น
- ในการประยุกต์ใช้ข้อมูลการศึกษาวิจัยเพื่องานสถาปัตยกรรม ควรพิจารณาคูณค่าของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับว่ามีผลดีผลเสียหรือไม่อย่างไร โดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์ในการออกแบบเป็นหลัก ว่ามีความต้องการได้รับหรือหลีกเลี่ยงรังสีดวงอาทิตย์ เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศแถบยุโรปซึ่งมีการศึกษาและออกข้อบังคับในเรื่องการเข้าถึงแสงสว่างและรังสีดวงอาทิตย์จะพบว่า แสงสว่างและความร้อนจากดวงอาทิตย์เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับเมืองหนาว แต่ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตเมืองร้อน ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่เปลือกอาคารย่อมส่งผลกระทบต่อภาระการทำความเย็น ดังนั้นการออกแบบจึงต้องพิจารณาโดยคำนึงถึงความสว่างที่นำความร้อนเข้าสู่อาคารน้อย หรือการเน้นการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานเป็นแหล่งพลังงานทดแทน



- ในประเด็นผลกระทบเชิงสิ่งแวดล้อม เสนอแนะให้มีการทบทวนศึกษาข้อบังคับด้านกฎหมายอาคารเปรียบเทียบกับกฎหมายในต่างประเทศเรื่องการก่อสร้างอาคารใหม่ที่อาจส่งผลต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งควรศึกษาควบคุมทั้งด้านกฎหมายในการออกแบบอาคารและกฎหมายสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันว่ามีความเหมาะสมเพียงพอหรือไม่ หากพบว่าหลักเกณฑ์ข้อบังคับในการออกแบบปัจจุบันยังไม่ครอบคลุมในเรื่องดังกล่าว ควรมีการทบทวนข้อบังคับที่มีอยู่เดิม เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาของเมืองที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยคาดหวังว่า หากนักออกแบบไม่ว่าจะเป็น สถาปนิก วิศวกร หรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้ทำความเข้าใจถึงผลของอาคารข้างเคียงขนาดใหญ่ที่ปลูกสร้างและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่โดยรอบแล้ว ย่อมจะชั่งน้ำหนักในการออกแบบระหว่างคุณค่าของอาคารใหม่กับอาคารแวดล้อมที่มีอยู่เดิมได้ดี และนั่นย่อมหมายถึงสภาพแวดล้อมของเมืองที่มีคุณภาพของผู้อยู่อาศัยนั่นเอง



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

“ค่าเฉลี่ยรังสีดวงอาทิตย์ วัดที่กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา กรุงเทพฯ ระหว่างปี 2507-2551”.

[ออนไลน์].2552. แหล่งที่มา: <http://ozone.tmd.go.th/solardata.htm> 2551.

[ 2553, กุมภาพันธ์ 23]

ทศพร นามเทพ. เทคนิคการประมาณค่าความส่องสว่างจากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ กรณีศึกษา:

กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

ปรีชญา รังสิรักษ์. เอกสารคำสอนวิชาภูมิภาควิชาชั้นสูง. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2545.

พรทิพย์ สมฤทธิ์และ พรศุภินีย์ เอมมัส.การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้เซลล์แสงอาทิตย์มาเป็นส่วน

หนึ่งของอาคารเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกับสายส่ง.[ออนไลน์]. 2552. แหล่งที่มา:

<http://www.ajenergy2009.com/> [ 2553, กุมภาพันธ์ 23]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. หลักสูตรการอบรมเทคนิคการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์

สำหรับผู้สอน ผู้เรียน นักเรียนและนักศึกษา. แหล่งที่มา:

<http://www.are101.org/book/solarcell-training/05Teacher.pdf>. [2553, กรกฎาคม 1]

สุวภา ขจรฤทธิ์. แนวทางการเคราะห์สิ่งแวดล้อม: การบดบังแดด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต,

ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

### ภาษาอังกฤษ

“CERES Lighting Laboratory”. [Online]. Available from : <http://www.bsu.edu/web/ceres/>

[heliodon/htmlside/ Platform.htm](http://www.bsu.edu/web/ceres/heliodon/htmlside/Platform.htm). [2009, September 1]

Cheng et al., Urban Form, Density and Solar Potential. [Online](n.d). Available from:

[http://www.unige.ch/cuepe/html/plea2006/Vol1/PLEA2006\\_PAPER904.pdf](http://www.unige.ch/cuepe/html/plea2006/Vol1/PLEA2006_PAPER904.pdf)

[2009 January 25]

DUARTE, D., BRANDAO, R., PRATA, Al., Environmental Criteria Incorporation in a Brazillaian

Building Code. [Online]. (n.d). Available from

[http://www.arct.cam.ac.uk/PLEA/ConferenceResources/PLEA2004/Proceedings/p0759fin](http://www.arct.cam.ac.uk/PLEA/ConferenceResources/PLEA2004/Proceedings/p0759final.pdf)

[al.pdf](http://www.arct.cam.ac.uk/PLEA/ConferenceResources/PLEA2004/Proceedings/p0759final.pdf) [2010, March 31]

HUANG, Y., et al. Vertical urban design forms and their climatic performances. [Online]. (n.d)

Available from : [http://www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/extended\\_abstracts/pdf/376082-1-081215155253-002.pdf](http://www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/extended_abstracts/pdf/376082-1-081215155253-002.pdf). [2009 June12]

MULLER, H. Solar Access: Recommended for the City and County of Denver.

[Online].(n.d). Available from:

<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Calculating%20solar%20radiation> 2010 [201 , September 15]

Overlay of viewshed with sunmap and skymap. [Online].(n.d). Available from:

<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Calculating%20solar%20radiation> 2010. [2010, September 15]

SARKAR, A.” Low Energy Urban Block: Morphology and planning guidelines”. [Online]. (n.d).

Available from: [http://www.isocarp.net/Data/case\\_studies/1446.pdf](http://www.isocarp.net/Data/case_studies/1446.pdf) [2010 August 12]

Viewshed Calculation [Online]. (n.d). Available from:

<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Calculating%20solar%20radiation> 2010. [2010, September 15]

Viewshed Calculation [Online].(n.d) Available from:

<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Calculating%20solar%20radiation> 2010. [2010, September 15]

YINGSAWAD, C; Estimating Daylight in Urban Streets in Bangkok [Online].

Available from : <http://www.questia.com/googleScholar.qst?docId=5006184899>

[2010, June12]

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย สถาปน เชื้อสถาปนศิริ  
เกิดเมื่อวันที่ 31 มีนาคม 2521

### การศึกษา

- มัธยมศึกษา จากโรงเรียนมหาวชิราวุธ จังหวัดสงขลา
- 2545 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจ.บ)
- 2553 ศึกษาในระดับปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### การทำงาน

- ปัจจุบัน สถาปนิก บริษัท DWP CITY SPACE (THAILAND) CO.,LTD
- 2548-2552 สถาปนิก บริษัท ARCHITECTS & ASSOCIATES CO.,LTD
- 2547-2548 สถาปนิก บริษัท KLAND CO.,LTD (PLC.)
- 2546-2547 สถาปนิก บริษัท PDL SPACE CO.,LTD

### ติดต่อ

Email : poptect@hotmail.com

โทร : 089 7802987

ศูนย์วิทยพัชกร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย