บทที่ 2

ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 Atrium

2.1.1 <u>ความเป็นมาของ Atrium</u> แปลตามความหมายของศัพท์ หมายถึง ช่องเปิดโล่งภายในอาคารที่มีมาตั้งแต่ยุคโรมันมีลักษณะเหมือนสวนที่ถูกตัวบ้านโอบล้อม ข้อดีของ Atrium คือ ความสวยงาม หรูหรา และเป็นเอกลักษณ์อย่างหนึ่ง แนวความคิดการใช้ช่องเปิดโล่งภายในอาคาร หรือ Atrium แบบในปัจจุบัน นำมาใช้ครั้งแรกในโรงแรมต่างๆเพื่อให้เกิดความน่าดู อิทธิพลของ Atrium มีมากต่องานสถาปัตยกรรมปัจจุบัน

2.1.2 <u>ประโยชน์ของ Atrium</u>

ด้านวัฒนธรรม โถงโล่งมีผลต่อความรู้สึกและจิตใจของคนที่เข้าไปสัมผัส ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวและเกิดกิจกรรมต่างๆ เช่น การเดินเล่น การเฝ้ามองกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่นั้นๆ ผู้คนจึงรู้สึกใกล้ชิดกับธรรมชาติ เกิดความเชื่อมต่อกับสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร และรู้สึกได้ถึงความมีชีวิตชีวา ลดความอึดอัดที่เกิดจากสภาพภายในตึกที่ทึบตัน ขณะเดียวกัน จากภายนอก Atrium ก็ช่วยสร้างความเชื้อเชิญให้กับอาคาร

ด้านเศรษฐกิจ อาคารที่มี Atrium เป็นองค์ประกอบอาจมีราคาแพงเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารแบบทั่วไป หากพิจารณาเฉพาะด้านการลงทุน อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่เกิดขึ้นแล้วจะพบว่าเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า เพราะ Atrium สามารถดึงดูดความสนใจของผู้คนเข้ามาสู่อาคารนั้นๆเมื่อเทียบกับอาคารประเภทเดียวกันอื่นๆ ดังคำกล่าวที่ว่า

" Atrium have sex appeal." (Hiller and Leamna, 1972)

และผู้คนยอมจ่ายเงินเพื่อซื้อมัน ตัวอย่างเช่น โรงแรมที่มี Atrium มีอัตราการเข้าพักสูงมาก ร้านค้าหรือสำนักงานที่อยู่รอบ Atrium จะมีราคาขายต่อพื้นที่สูงและสามารถขายหมดได้ในเวลาอันรวดเร็ว

เมื่อพิจารณาในด้านประสิทธิภาพอาคาร อาคารที่มี Atrium ย่อมมีประสิทธิภาพกว่าอาคารทั่วไป เพราะสามารถแก้ไขปัญหาการมีพื้นที่สำนักงานเล็กเกินไป ที่มักเกิดขึ้นกับอาคารส่วนใหญ่ ไม่ว่าสูงหรือเตี้ย เป็นทางออกในการแก้ไขข้อบกพร่องของพื้นที่อาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น พื้นที่ที่ลึกยาว พื้นที่ Dead Zone หรืออาคารเก่าที่ต้องการนำมาปรับปรุงใช้ใหม่ นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดพลังงานที่ใช้สร้างความส่องสว่าง เนื่องจากได้รับแสงธรรมชาติ

ในด้านการใช้เป็นสิ่งปกคลุม Atrium ช่วยสร้างความน่าสนใจให้กับลานภายในอาคาร ทำให้สามารถใช้พื้นที่ได้ในทุกสภาพภูมิอากาศ และนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร พร้อมกันนั้นก็ช่วยกันลม ฝน และช่วย

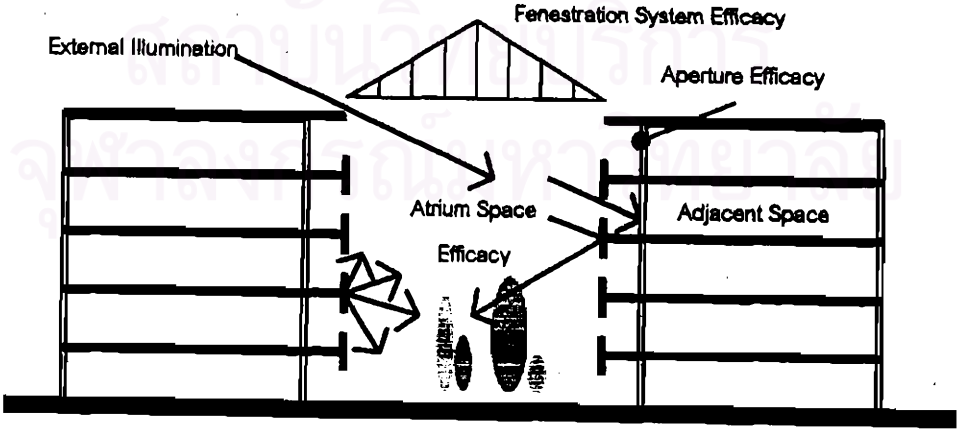
เก็บกักความร้อนในอาคารไม่ให้สูญเสียแก่สภาพแวดล้อมภายนอก ลดค่าใช้จ่ายในการสร้างสภาวะน่าสบาย ซึ่งเหมาะสมกับประเทศที่มีอากาศหนาว

ด้านความสะดวกสบาย ความสะดวกสบายในการใช้พื้นที่อาคารเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบอาคาร ที่ว่างบริเวณ Atrium ช่วยตอบสนองความต้องการดังกล่าว โดยสามารถใช้เป็นโถงรับรองหลัก เป็นพื้นที่สัญจรไปยังส่วนต่างๆของอาคาร เป็นภัตตาคาร สถานที่นั่งพักผ่อน ที่จัดงานแสดง งานนิทรรศการ และเป็นบริเวณจำหน่ายสินค้า ขณะเดียวกันก็ยังสามารถเชื่อมโยงพื้นที่ใช้งานส่วนอื่นๆของอาคารเข้าด้วยกัน เช่น ที่ Richard Roger's Lloyds Insurance Building กรุงลอนดอน แม้จะมีพื้นที่ที่ต้องมีกิจกรรมเชื่อมต่อกัน 6 ชั้น ก็ยังคงความรู้สึกที่เป็นหนึ่งเดียวกันด้วยการใช้ Atrium ที่ Hertzberger's Central Office เมือง Apeldoorn ประเทศ Holland ซึ่งเป็นสำนักงานสูง 4 ชั้น การใช้ Atrium สามารถสร้างความรู้สึกเสมือนว่าเป็นเพียงชั้นเดียว หรือที่ Water Tower Place เมือง Chicago Atrium ช่วยสร้างมุมมองที่ดีให้กับร้านค้าต่างๆในทุกระดับความสูง (Saxon, 1986)

2.1.3 <u>ปัจจัยที่มีผลต่อหลักการออกแบบ Atrium</u>

ประสิทธิภาพการนำแสงธรรมชาติมาใช้ใน Atrium วัดได้จากปัจจัยพื้นฐานสองประการ คือ ความสามารถในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ให้เป็นประโยชน์และการประหยัดพลังงานของอาคารจากเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด ซึ่งความสามารถในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ให้เป็นประโยชน์นี้ขึ้นกับอิทธิพลของการเคลื่อนที่ ลักษณะทิศทางของการส่องสว่างภายนอกและองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่สำคัญหลายๆส่วน

การเปลี่ยนแปลงของการส่องสว่างภายนอกมีความสัมพันธ์กับเวลาแต่ละช่วงของวัน ฤดูกาล และที่ตั้งโครงการ มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง อันเนื่องมาจากมุมตกกระทบที่แตกต่างกัน ลักษณะเช่นนี้ของแสงธรรมชาติมีอิทธิพลอย่างรุนแรงต่อกลวิธีการออกแบบเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ใน Atrium



รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบ Atrium

(Lui,1993 : 14)

องค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่สำคัญประกอบด้วย ระบบช่องแสงที่เลือกใช้ รูปทรงของ Atrium ลักษณะพื้นผิว และอื่นๆ (รูปที่ 2.1) โดยมีบทบาทในการกำหนดระดับการรับรู้ของมนุษย์และสุนทรียภาพของการส่องสว่างภายใน Atrium ซึ่งควรจะมีการศึกษาต่อไปเพื่อเป็นแนวทางที่จะช่วยให้ผู้ออกแบบประเมินผลการออกแบบในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ได้อย่างเห็นจริง ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบ Atrium ประกอบด้วย

<u>ค่าการส่องสว่างภายนอก</u> ของแหล่งกำเนิดแสงที่วัดภายนอกอาคาร ได้แก่

- แสงตรงจากดวงอาทิตย์
- แสงกระจายจากท้องฟ้า
- แสงสะท้อนจากสิ่งก่อสร้างข้างเคียงและแสงสะท้อนจากพื้นดิน
- ความชื้นและความหนาแน่นของบรรยากาศ

ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่แปรเปลี่ยนตามช่วงเวลา ฤดูกาล และตำแหน่งที่ตั้งของอาคาร ตลอดจนความเข้มของแสงมีอิทธิพลต่อลักษณะต่างๆของท้องฟ้า ได้แก่ สภาพท้องฟ้าที่เป็นแบบ Clear Sky (หัวข้อ 2.7.2)

<u>ประสิทธิภาพของช่องแสง</u> ช่องแสงทำหน้าที่นำและสร้างความต่อเนื่องของแสงธรรมชาติระหว่างภายนอกและภายในอาคาร รูปร่างของช่องแสง คุณสมบัติการสะท้อนของวัสดุ รวมถึงการดูแลรักษาสภาพกระจกล้วนส่งผลถึงปริมาณของแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามา ซึ่งปริมาณแสงที่ส่องผ่านเข้ามานี้ก็ส่งผลถึง การกระจายตัวของแสงธรรมชาติและประสิทธิภาพในการมองเห็นภายในพื้นที่ Atrium อีกต่อหนึ่ง ดังนั้นประสิทธิภาพของช่องแสงสามารถแจกแจงเป็นหลักการที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบได้ดังต่อไปนี้

- ขนาดและตำแหน่งที่ติดตั้งกระจก
- รูปแบบของช่องแสง
- คุณสมบัติของกระจก เช่น ค่าการส่องผ่านของแสง และค่าการสะท้อนแสง (หัวข้อ 2.3)
- อุปกรณ์บังแดดและระบบควบคุม
- การดูแลรักษาสภาพกระจก

<u>ประสิทธิภาพของพื้นที่ Atrium</u> ที่เกี่ยวเนื่องกับลักษณะทางกายภาพของรูปร่างพื้นที่ Atrium เช่น ภูมิศาสตร์ของ Atrium และค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิว เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้สามารถเพิ่มการกระจายของแสงธรรมชาติทั่วทั้ง Atrium และสามารถสร้างมิติขึ้นได้ ระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติที่ต้องการในการออกแบบเกิดจากตัวแปรต่อไปนี้

- ภูมิศาสตร์ของ Atrium ทางกายภาพ เช่น ซอกมุม ชั้นลอย เนิน เป็นต้น
- คุณลักษณะของพื้นผิว
- การจัดสวนและองค์ประกอบภายใน Atrium
- การดูแลรักษาพื้นผิววัสดุ

ช่องโล่งหรือลักษณะของพื้นที่ที่ต่อเนื่องกับ Atrium ที่ทำให้เกิดมุมมองที่มีความเชื่อมโยงกันและแสงจาก

Atrium จะส่องผ่านเข้าไป ช่องโล่งเหล่านั้นมีบทบาทต่อการกำหนดข้อดี ข้อเสียของคุณภาพหรือปริมาณของแสงที่ผ่านเข้าไปในห้อง จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะมีความเข้าใจในอิทธิพลของช่องเปิดต่อการกระจายแสงใน Atrium และการส่งผ่านแสงจาก Atrium ไปยังพื้นที่ที่ติดกัน ประสิทธิภาพของช่องเปิดในการออกแบบ มีดังนี้

- ขนาดและตำแหน่งของช่องเปิด
- คุณสมบัติของกระจก ถ้าช่องเปิดเป็นกระจก เช่น ค่าการส่องผ่านของแสง และค่าการสะท้อนแสง
- อุปกรณ์บังแดดและระบบควบคุม
- การดูแลรักษากระจก หรือพื้นผิวที่สะท้อนแสงของอุปกรณ์บังแดด

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง

แสงเป็นพลังงานในรูปแบบหนึ่งที่มองเห็นได้ด้วยตา (IESNA อ้างถึงใน Stein และ Reynolds, 1992 : 912) และเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่สามารถเคลื่อนที่ได้ การเคลื่อนที่ของแสงจะอยู่ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้นแสงจึงเป็นพลังงานที่มีความถี่และมีความยาวคลื่น ซึ่งพลังงานที่มีการเคลื่อนที่ในรูปของคลื่นนี้จะมีความถี่และความยาวคลื่นเฉพาะตัวต่างๆกันออกไป กล่าวคือ ความถี่หรือความยาวคลื่นจะเป็นตัวกำหนดชนิดของพลังงาน (พิบูลย์ ดิษฐ์อุดม , 2521) เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่และความยาวคลื่นทั้งหมด ตั้งแต่ความยาวคลื่นต่ำที่สุดจนถึงความยาวคลื่นที่ยาวที่สุด จะพบว่า แสงเป็นพลังงานที่มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.38 ถึง 0.78 ไมครอน (micron) หรือ 380 ถึง 780 นาโนเมตร (manometers) หรืออาจกล่าวได้ว่าพลังงานในช่วงดังกล่าวนี้เท่านั้นที่ตาสามารถมองเห็นและช่วยให้เกิดการมองเห็น ซึ่งจะประกอบไปด้วย spectrum ของสีหลายๆสีอันเกิดจากความถี่ และความยาวคลื่นของการแผ่รังสีที่แตกต่างกัน (รูปที่2.2) spectrumของสีที่มีความยาวคลื่นมากที่สุดที่สามารถมองเห็นได้ ได้แก่สีแดง และ spectrum ของสีที่มีความยาวคลื่นสั้นที่สุดที่สามารถมองเห็นได้ ได้แก่สีม่วง (มีความถี่มากที่สุด) เมื่อแหล่งกำเนิดแสงให้กำเนิดพลังงานที่ครอบคลุม spectrum ที่สามารถมองเห็นได้ทั้งหมดในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน จะเกิดการรวมตัวทำให้เห็นเป็นแสงสีขาว ดังเช่น แสงธรรมชาติ (Daylight) และแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติที่สำคัญที่สุดก็คือ ดวงอาทิตย์

อย่างไรก็ตามหากพิจารณาถึงประเภทของแหล่งกำเนิดแสงอาจจำแนกออกได้เป็น

1 แหล่งกำเนิดแสงทางตรง (Direct)

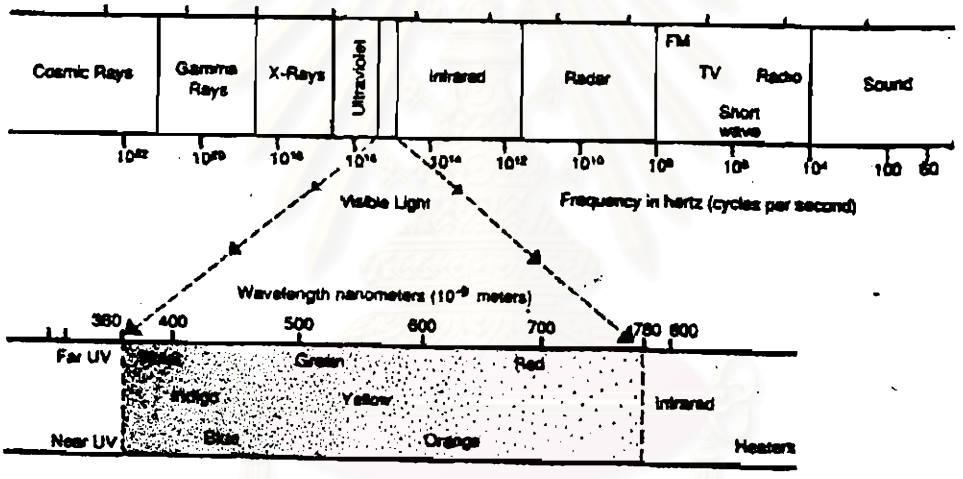
2 แหล่งกำเนิดแสงทางอ้อม (Indirect)

เมื่อแสงจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านอนุภาคของชั้นบรรยากาศของโลก จะเกิดการหักเหและสะท้อนก่อนที่จะส่องลงมายังผิวโลก และเมื่อกระทบกับพื้นผิวหรือวัตถุใดๆจะก่อให้เกิดลักษณะ 3 ประการคือ การดูดซึม (Absorption) การสะท้อน (Reflection) และการส่องผ่าน (Transmission) ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัตถุและพื้น

ผิวแต่ละชนิด ดังนั้นหากพิจารณาในแง่แหล่งกำเนิดของแสงอาจพิจารณาได้เป็น 2 กรณี คือ แหล่งกำเนิดแสงทางตรง (Direct) และแหล่งกำเนิดแสงทางอ้อม (Indirect)

แหล่งกำเนิดแสงทางตรง ได้แก่ แสงแดด หรือ Sunlight และ แสงซึ่งเกิดจากการส่องกระทบอนุภาคในชั้นบรรยากาศของโลกทำให้สะท้อน หักเห และให้แสงในลักษณะกระจายทั่วพื้นที่ หรือ Diffuse Skylight

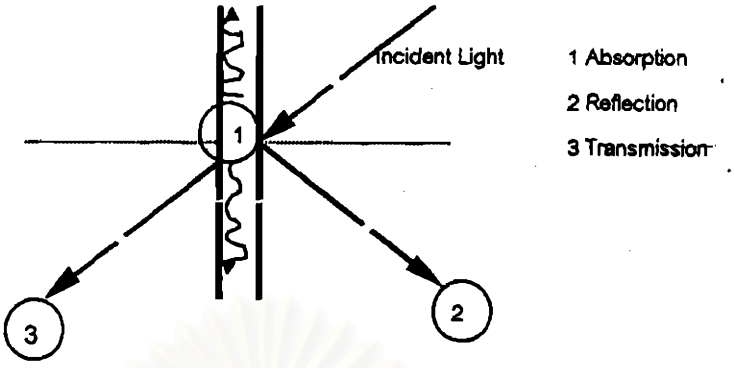
แหล่งกำเนิดแสงทางอ้อม ได้แก่ แสงที่เกิดจากการสะท้อน หรือการส่องผ่านวัตถุใดๆ และทำให้วัตถุนั้นๆ เปรียบเสมือนแหล่งกำเนิดแสงอีกตัวหนึ่ง (Secondary source) ซึ่งก็อาจให้แสงในลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นกับคุณสมบัติในการสะท้อน หรือ การยอมให้แสงส่องผ่าน ตลอดจนลักษณะของพื้นผิวของวัตถุที่แสงตกกระทบว่าเป็นเช่นใด



รูปที่ 2.2 รูปแสดงความถี่และความยาวคลื่นของแสงที่สามารถมองเห็นได้กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอื่นๆ
(Stein และ Reynolds, 1992:912)

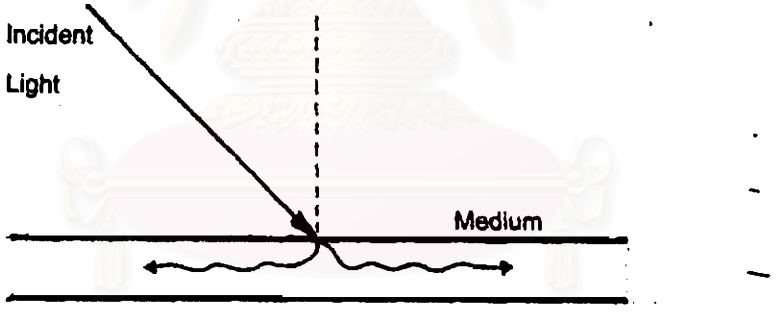
2.3 พฤติกรรมของแสง

เมื่อแสงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงผ่านตัวกลาง (medium) ชนิดต่างๆ เช่น อากาศ ของเหลว วัตถุโปร่งแสง วัตถุทึบแสง ฯลฯ ทิศทาง หรือ พฤติกรรมของแสงจะเปลี่ยนไปเมื่อกระทบตัวกลางเหล่านั้น ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อแสงกระทำต่อวัตถุประกอบด้วย การถูกดูดกลืน (Absorption) การสะท้อน (Reflection) และการส่องผ่าน (Transmission) (รูปที่ 2.2) พฤติกรรมของแสงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางใดๆอาจเกิดปรากฏการณ์ทั้งสามแบบ หรืออาจเกิดเพียงแบบใดแบบหนึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของวัตถุ ความทึบแสงหรือโปร่งแสงของวัตถุ และขนาดของมุมตกกระทบ



รูปที่ 2.3 รูปแสดงปรากฏการณ์ที่แสงกระทำต่อวัตถุ

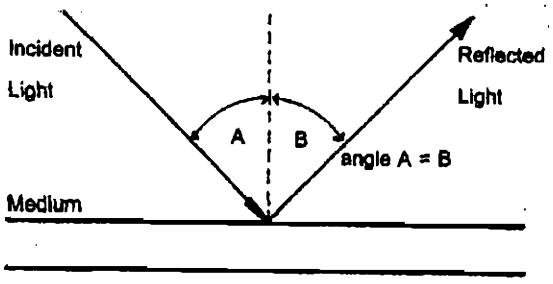
2.3.1 <u>การดูดกลืน (Absorption)</u> เป็นปรากฏการณ์ที่แสงถูกดูดกลืนหายเข้าไปในตัวกลาง (medium) เช่นการฉายแสงสีขาวลงบนวัตถุสีเขียว แสงสีอื่นจะถูกดูดกลืนยกเว้นแสงสีเขียวเท่านั้นที่จะสะท้อนเข้าสู่ตาของผู้สังเกต เมื่อแสงถูกดูดกลืนจะเกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงาน โดยทั่วไปเมื่อพลังงานแสงถูกดูดกลืนจะเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อน (heat)



รูปที่ 2.4 รูปแสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง
(คมกฤช ชูเกียรติมั่น, 2540:15)

2.3.2 <u>การสะท้อน (Reflection)</u> เป็นพฤติกรรมที่แสงตกกระทบบนตัวกลางแล้วสะท้อนออกโดยที่ความถี่ของคลื่นแสงนั้นไม่เปลี่ยนไป ลักษณะของการสะท้อนสามารถพิจารณาออกได้เป็น

<u>การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา (Specular Reflection)</u> เป็นลักษณะที่เกิดเมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางที่เป็นวัตถุทึบแสง (opaque material) พื้นผิวมีลักษณะเรียบมัน (polish surface) การสะท้อนจะมีมุมของแสงที่ตกกระทบ (angle of incident) เท่ากับมุมของแสงที่สะท้อน (angle of reflection) และอาจมีแสงบางส่วนที่ถูกดูดกลืนไป (รูปที่ 2.5)

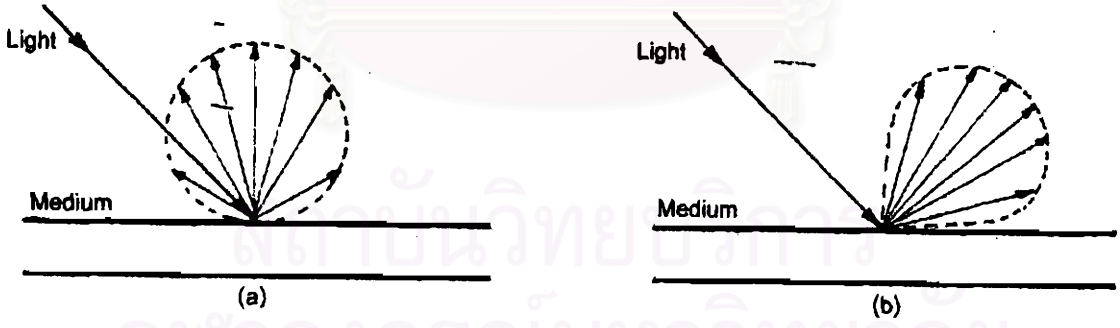


รูปที่ 2.5 แสดง Specular Reflection

(คมกฤช รูเกียรติมั่น, 2540:16)

<u>การสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection)</u> เป็นลักษณะที่เกิดเมื่อแสงตกกระทบวัตถุทึบแสงที่มีผิวหยาบไม่เรียบสม่ำเสมอ แสงที่สะท้อนออกมาจะถูกสะท้อนออกไปในหลายๆทิศทาง ซึ่งส่วนมากมุมของแสงที่สะท้อนที่กระจายออกไปนั้นจะไม่เท่ากับมุมของแสงที่ตกกระทบ หากผิววัตถุที่ไม่เรียบนั้นมีลักษณะไม่เรียบสม่ำเสมออย่างสมบูรณ์ (perfectly diffusing surface) แสงสะท้อนที่ได้จะมีลักษณะเป็นการกระจายแสงแบบสมบูรณ์ (perfect diffuse reflection) เป็นการสะท้อนแสงที่ให้ความสว่างเท่าๆกันในทุกมุมสะท้อน แต่หากผิววัตถุไม่เรียบ ไม่สม่ำเสมอ (semi diffuse surface) แสงสะท้อนที่ได้ก็จะมีลักษณะเป็นการสะท้อนแบบกระจัดกระจาย (semi diffuse reflection)

(รูปที่ 2.6)

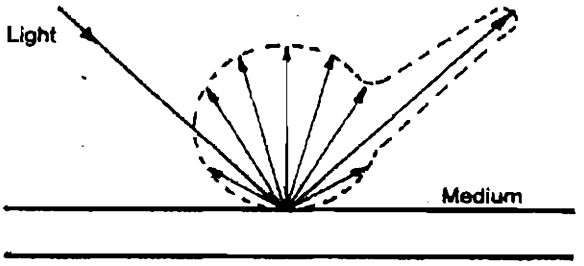


รูปที่ 2.6 รูปแสดง (a) perfect diffuse reflection & (b) semi diffuse reflection

(คมกฤช รูเกียรติมั่น, 2540:16)

อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปแล้ว แสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุมักจะไม่เป็นการสะท้อนในแบบใดแบบหนึ่งเพียงอย่างเดียว แต่จะมีลักษณะผสมกันระหว่าง การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา (Specular Reflection) และการสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) (รูปที่ 2.7)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.7 รูปแสดงcombined specular & diffuse reflection

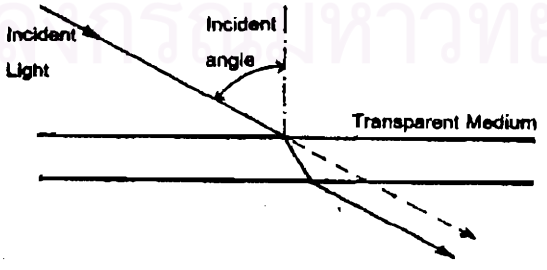
(คมกฤช ชูเกียรติมั่น, 2540:17)

2.3.3 <u>การส่องผ่าน (Transmission)</u> เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบด้านหนึ่งของตัวกลาง (medium) แล้วทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่ง หากไม่พิจารณาคุณสมบัติหรือลักษณะของตัวกลางที่แสงผ่านแล้ว มุมของแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับมุมของแสงที่ทะลุผ่าน และแสงที่ทะลุผ่านจะมีปริมาณของแสงคงเดิม อย่างไรก็ตามเมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่แสงสามารถส่องผ่านได้ใดๆ แสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน ส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับ และส่วนที่เหลือจะทะลุผ่าน หมายถึง ปริมาณแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับ ปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนรวมกับปริมาณแสงที่สะท้อนกลับรวมกับปริมาณแสงที่ทะลุผ่าน สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{Absorptance} + \text{Reflectance} + \text{Transmittance} = 1 \qquad (1)$$

ลักษณะการส่องผ่านของแสงสามารถจำแนกได้ตามลักษณะของตัวกลางดังนี้

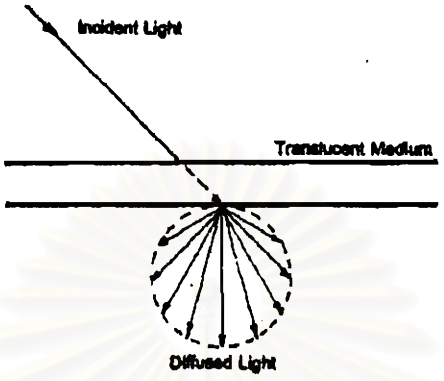
<u>ตัวกลางโปร่งใส (Transparent Medium)</u> การส่องผ่านลักษณะนี้แสงจะเกิดการหักเห (refracted) หรือเปลี่ยนทิศทาง (bent) ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวกลาง และทะลุผ่านในลักษณะเดิมของลำแสงที่ตกกระทบ โดยยังสามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน ตัวกลางจำพวกนี้ เช่น กระจกใส เป็นต้น



รูปที่ 2.8 รูปแสดงแสงตกกระทบตัวกลางเกิดการหักเหแล้วทะลุผ่าน

(คมกฤช ชูเกียรติมั่น, 2540:17)

ตัวกลางโปร่งแสง (Translucent Medium) การส่องผ่านของแสงลักษณะนี้แสงที่ส่องผ่านจะมีลักษณะเป็นแสงแบบกระจาย (diffuse transmission) และในกรณีนี้จะไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน



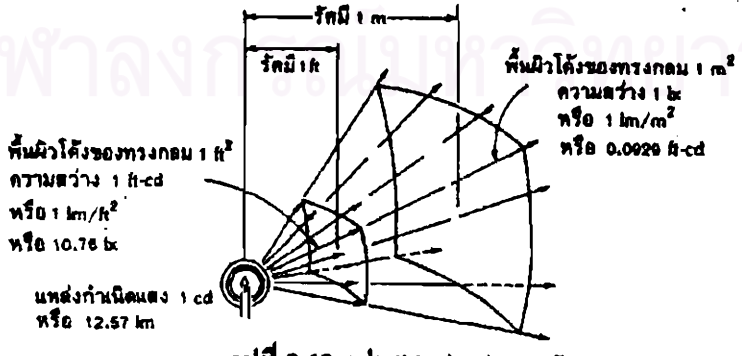
รูปที่ 2.9 รูปแสดงแสงตกกระทบตัวกลางแล้วทะลุผ่านแบบกระจาย

(คมกฤช ชูเกียรติมั่น, 2540:18)

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการส่องสว่าง (Illumination)

เมื่อแสงจากแหล่งกำเนิดแสงตกกระทบวัตถุหรือพื้นที่ใดๆเป็นผลให้แสงส่วนหนึ่งสะท้อนเข้าสู่ดวงตาทำให้เกิดการมองเห็น ปริมาณแสงที่ตกกระทบวัตถุหรือพื้นที่นั้นๆเราเรียกว่า การส่องสว่าง หรือ ความสว่าง (illumination) ซึ่งมีนิยามที่เกี่ยวข้องกับการส่องสว่างดังนี้

2.4.1 **ปริมาณแสง (Luminous Flux)** คือปริมาณแสงที่แปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง (light output) ในหนึ่งหน่วยเวลา เป็นการบอกค่าพลังงาน หรือกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสง (Power of Light Source) ใดๆในรูปของเส้นแรงปริมาณแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงนั้นๆ มีหน่วยเป็น ลูเมน (Lumen)



รูปที่ 2.10 รูปแสดง luminous flux

(คมกฤช ชูเกียรติมั่น, 2540:18)

2.4.2 Solid angle (ω) เป็นการวัดส่วนหนึ่งของพื้นผิวทรงกลมที่ถูกครอบคลุมด้วยพื้นที่สมมติรูปทรงกรวยที่มีส่วนแหลมสุดของกรวยอยู่ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมนั้นๆ หรือ คืออัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวส่วนที่พิจารณาของทรงกลมต่อรัศมีของทรงกลมนั้นๆยกกำลังสอง มีหน่วยเป็น สเตอเรเดียน (Steradian)

"Solid angle is a measure of that portion of space about a point bounded by a conic surface whose vertex is at the point. It can be measured by the ratio of intercepted surface area of a sphere centered on that point to the square of the sphere's radius." (IES Lighting handbook , 1981) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{Solid Angle } (\omega) = A / R^2 \text{ steradian} \qquad (2)$$

โดย A คือ พื้นที่ผิวที่พิจารณาของทรงกลม

R คือ รัศมีของทรงกลม

2.4.3 ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity) คือปริมาณแสงที่เปล่งออกจากแหล่งกำเนิดแสงใน solid angle ใดๆในทิศทางหนึ่งทิศทางใด

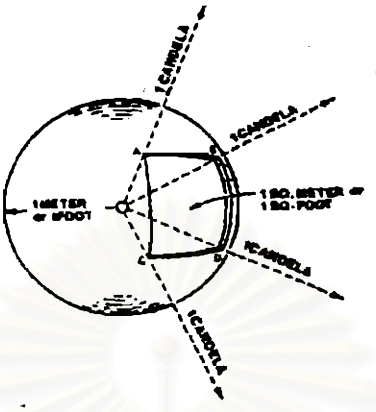
"Luminous Intensity is the luminous flux leaving a point source of light per unit solid angle in the given direction"(IES Lighting handbook , 1981)

เป็นการบอกค่าความมากน้อยของพลังงาน หรือกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสงใดๆในรูปของความเข้มแห่งการส่องสว่าง (luminous intensity) หรือบางทีเรียกว่า กำลังส่องสว่าง (candlepower) มีหน่วยเป็น แคนเดลา (candela) หรือ ลูเมนต่อสเตอเรเดียน (lumen per steradian) ซึ่งในการพิจารณาลักษณะนี้ใช้สำหรับการพิจารณาแหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาดเล็กมาก จนถือว่าแหล่งกำเนิดแสงนั้นเป็นจุด (point source)

หากพิจารณาโดยการนำแหล่งกำเนิดแสงที่เล็กมากจนเสมือนจุด และมีค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสม่ำเสมอทุกทิศทางเท่ากับ 1 แคนเดลา มาวางไว้ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมรัศมี 1 หน่วย ปริมาณแสงที่พุ่งไปตกลงบนทุกๆหนึ่งตารางหน่วยพื้นที่บนพื้นผิวของทรงกลมนี้จะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมน (lumen) และเนื่องจากพื้นที่ผิวทั้งหมดของทรงกลมรัศมี 1 หน่วยมีค่าเท่ากับ 12.57 ตารางหน่วยพื้นที่ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลาจะสามารถเปล่งปริมาณเส้นแรงของแสงออกมาได้ เท่ากับ 12.57 ลูเมน (Stein และ Reynolds, 1992:914)

2.4.4 ความส่องสว่าง (Illuminace) เมื่อมีปริมาณแสงตกกระทบลงบน 1 หน่วยพื้นที่ใดๆผลที่ได้ คือ ความสว่าง มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (lumen per unit of area) เช่นเดียวกับการพิจารณาแหล่งกำเนิดแสงในทรงกลม หากทรงกลมนั้นมีรัศมี 1 ฟุต ปริมาณแสง 1 ลูเมนที่พุ่งไปตกลงบนพื้นที่หนึ่งตารางฟุตของผิวทรงกลม ปริมาณความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมนต่อตารางฟุต หรือ 1 ฟุตแคนเดิล (footcandle) ใน

ทำนองเดียวกัน ถ้ารัศมีของทรงกลมนั้นมีค่าเท่ากับ 1 เมตร ปริมาณความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมน ต่อตารางเมตร หรือ 1 ลักซ์ (lux)



รูปที่ 2.11 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง candelas, lumens, lux and footcandles
(คมกฤช ฐเกียรติมั่น, 2540:20)

2.4.5 **<u>การส่องสว่าง (Illumination)</u>** ปริมาณแห่งการส่องสว่างบนพื้นที่ผิวใดๆจะแปรผันโดยตรงกับความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง และแปรผันผกผันกับค่าระยะทางยกกำลังสองระหว่างพื้นผิวนั้นกับแหล่งกำเนิดแสง และเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า กฎกำลังสองผกผัน (Inverse square law) มีหน่วยเป็น ลักซ์ หรือ ฟุตแคนเดิล เขียนได้เป็นสมการดังนี้

$$E = I / d^2 \qquad (3)$$

โดย E คือ ปริมาณความส่องสว่างบนพื้นที่ผิวที่พิจารณามีหน่วยเป็น ลักซ์ (lx) หรือ ฟุตแคนเดิล (fc)

I คือ ความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางที่พุ่งไปหาพื้นที่ผิวที่พิจารณามีหน่วยเป็น แคนเดลา (cd)

d คือ ระยะทางระหว่างพื้นที่ผิวที่พิจารณากับแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยเป็น เมตร หรือ ฟุต

2.5 คุณสมบัติอื่นๆของแสง

2.5.1 **<u>ความจ้า (Brightness) หรือ ความสว่าง (Luminance)</u>** เมื่อแสงส่องกระทบวัตถุแล้วเกิดการสะท้อนหรือส่องผ่านของแสงจากวัตถุเข้าสู่ตา ทำให้เกิดการมองเห็นวัตถุนั้นแล้ว สายตายังรับรู้ความสว่าง หรือที่เรียกว่า ความจ้าของวัตถุอีกด้วย ความจ้าหรือความสว่างของวัตถุที่สายตารับรู้ขึ้นอยู่กับ 2 องค์ประกอบหลักคือ ความสามารถในการสะท้อนหรือส่องผ่านของแสงของวัตถุทำให้วัตถุนั้นๆเปรียบเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ 2 (Secondary Light Source) และ ความสามารถในการปรับตัวของสายตา หากพิจารณาในเชิงปริมาณ ความจ้าที่

เกิดขึ้นของวัตถุใดๆจะพิจารณาในรูปของ ปริมาณความเข้มของแสงที่แผ่ออกมาจากผิวของวัตถุต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต (Footlambert) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$FL = Fc * \rho \qquad (4)$$

หรือ $$FL = Fc * t \qquad (5)$$

โดยที่ FL คือ ปริมาณความจ้า มีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต

Fc คือ ปริมาณการส่องสว่าง มีหน่วยเป็น ฟุตแคนเดิล

ρ คือ ค่าการสะท้อนแสงของวัตถุ (%)

t คือ ค่าการส่องผ่านของวัตถุ (%)

2.5.2 <u>ความเปรียบต่าง (Contrast)</u> ความแตกต่างของจุดสังเกตกับสิ่งที่อยู่รอบข้าง ยิ่งมีความเปรียบต่างมากจะทำให้การมองเห็นง่ายขึ้น ในขณะที่ความต้องการปริมาณแสงและเวลาในการรับภาพมีน้อยลง เช่น ตัวหนังสือดำบนกระดาษขาวย่อมเห็นได้ง่ายกว่าตัวหนังสือดำบนกระดาษเทา อย่างไรก็ตามความเปรียบต่างที่มากเกินไปจนสายตาเกิดการปรับตัวเป็นผลให้สายตาไม่สามารถมองเห็นได้อย่างอิสระ หรือเกิดการระคายเคืองของสายตา นั่นคือการเกิด Glare

ความเปรียบต่างสามารถกำหนดได้ด้วยอัตราส่วนของความแตกต่างระหว่างความสว่างของวัตถุ หรือจุดสังเกต และความสว่างของสภาพแวดล้อมที่อยู่รอบข้าง อัตราส่วนยิ่งมีค่ามากก็ทำให้การมองเห็นชัดเจนขึ้น แต่หากมากจนเกินไปก็จะทำให้เกิด Glare ตามปกติดวงตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ชัดเจนถ้าความเปรียบต่างอยู่ระหว่าง

2 :1 (เป็นอย่างน้อย) และ 40 : 1 (เป็นอย่างมาก) โดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$CONTRAST = (L_B - L_T) / L_T \qquad (6)$$

โดย L_B คือ ความสว่างของสภาพแวดล้อม

L_T คือ ความสว่างของวัตถุ

2.5.3 <u>แสงบาดตา (Glare)</u> หมายถึง แสงที่เข้าตาแล้วทำให้มองเห็นวัตถุได้ยากหรือมองไม่เห็นเลย ตามธรรมชาติแล้วเมื่อดวงตามองไปยังที่มืดจะมีปฏิกิริยาตอบรับโดยการขยายม่านตาให้มากที่สุดเพื่อเปิดรับแสง ขณะที่เมื่อดวงตามองไปยังที่ที่มีความสว่างมากๆม่านตาจะหดเล็กลงเพื่อควบคุมปริมาณแสงที่ได้รับ การเกิดแสงบาดตามักเกิดจากการมองไปยังสภาพแวดล้อมที่มืดแล้วละสายตาจากสภาพแวดล้อมเดิม เปลี่ยนไปมองสภาพแวดล้อมที่มีความสว่างมากกว่าในทันที ทำให้เกิดขบวนการผิดปกติในการแปลงสัญญาณ Photochemical ที่เรตินาที่ปรับไว้สำหรับการมองในที่มืด กระบวนการนี้ทำให้มองเห็นสิ่งต่างๆสว่างเป็นสีขาวไปชั่วขณะ หรือไม่สามารถ

จำแนกรายละเอียดของวัตถุใดๆได้ ในอีกกรณีหนึ่ง แสงบาดตาอาจเกิดขึ้นเมื่อ Luminance Ratio ระหว่างบริเวณที่พิจารณาและสภาพแวดล้อมต่างมาก ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยอื่นๆด้วย เช่น สภาพการใช้งาน และสภาพของดวงตา

การแบ่งประเภทของแสงบาดตา Professor Lou Michel แห่งมหาวิทยาลัยแคนซัส ได้จำแนกออกเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะการมองเห็น ได้แก่

1 Blinding Glare เกิดขึ้นเมื่อแหล่งกำเนิดแสงที่มีปริมาณแสงมาก ส่องเข้าสู่ดวงตาในตำแหน่งและมุมที่ใกล้เคียงกับระดับสายตามาก จนทำให้ความสามารถในการมองเห็นของเรตินาลดลงจนทำให้มองไม่เห็นวัตถุในที่สุด

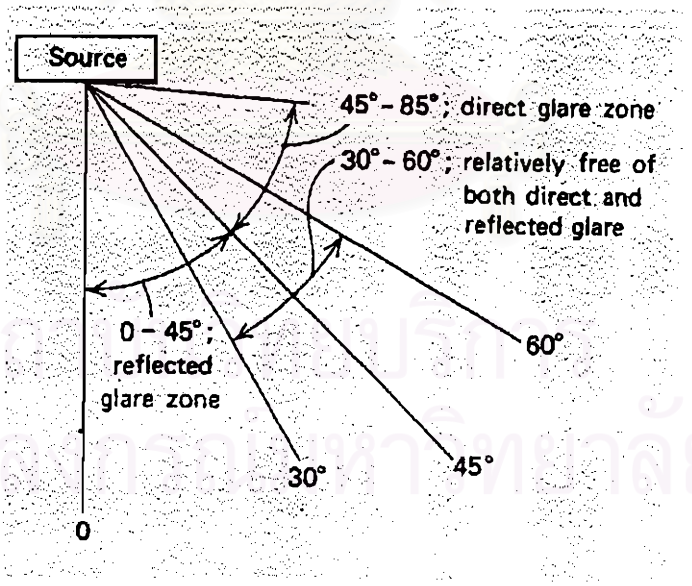
2 Disability Glare มีลักษณะคล้ายคลึงกับ Blinding Glare โดยอาจจะมองไม่เห็นวัตถุไปในชั่วขณะ หรือยังพอมองเห็นวัตถุได้บ้าง

3 Discomfort Glare เป็นของแสงที่สามารถมองเห็นรายละเอียดวัตถุได้ แต่ไม่สบายตา ปฏิกิริยาที่จะเกิดขึ้น คือ การหรี่ตา

การแบ่งประเภทของแสงบาดตาอีกลักษณะหนึ่ง ได้แก่ การแบ่งประเภทตามแหล่งกำเนิดแสง (รูปที่ 2.12)

1 Direct Glare เกิดขึ้นเนื่องจากการมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงโดยตรง

2 Reflected Glare เกิดขึ้นเนื่องจากการที่มีแสงสะท้อนจากวัตถุเข้าสู่ดวงตา ซึ่งตัวแปรสำคัญของการเกิดแสงบาดตาชนิดนี้ คือ ค่าการสะท้อนแสงของวัตถุ



รูปที่ 2.12 รูปแสดงการจำแนกแสงบาดตาตามประเภทแหล่งกำเนิดแสง

(Stein และ Reynolds, 1992:958)

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ

เมื่อพิจารณาสภาพที่ตั้งของประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศเขตร้อน แบบร้อนชื้น โดยทั่วไป อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีมีค่าประมาณ 28-29 °c เฉพาะในเวลากลางวันมีค่า ประมาณ 30-31 °c สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก มีแดดจัดเกือบตลอดทั้งปี (ตารางที่ 2.1) จะเห็นว่าดัชนีเมฆของประเทศไทยมีค่าตั้งแต่ 5.9 ถึง 9.0 (ค่าสูงสุดคือ 10) และค่าระดับความสว่างสำหรับกรุงเทพมีค่าความสว่างในระดับ 10,000 lux ขึ้นไปมีความถี่ถึงกว่า 99% ของเวลากลางวัน

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าเฉลี่ยรังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยปี 2528

Solar Radiation	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEPT	OCT	NOV	DEC
(w/m2)												
Direct Horizontal	416	482	515	486	450	391	423	460	397	335	379	423
Diffuse Horizontal	133	144	182	200	222	276	243	275	237	202	150	119
Global	283	338	333	286	228	115	180	185	160	133	299	304
Temperature (C)												
Mean	25.6	27.2	28.6	29.6	29.3	28.7	28.1	27.9	27.6	27.5	26.7	25.5
Mean Max	31.9	32.8	33.9	34.9	34.2	33.1	32.6	32.4	32	31.8	31.5	31.4
Mean Min	20.6	23.1	24.8	25.9	25.6	25.3	24.9	24.8	24.5	24.3	23	20.9
Relative Humidity												
Mean	70.2	75.7	76	76	78.4	78.5	79.3	80.2	82.8	82.2	77.5	72.5
Mean Max	90.6	92.2	91.6	90.7	92.2	91.5	91.8	93.2	94.8	94.3	91.5	90
Mean Min	48.6	53.4	55.2	55.8	60.1	62.3	63.5	63.9	66	65.5	59.4	52.1
Cloudiness (0-10)												
Mean	5.9	6.5	6.8	7	8.2	8.5	8.8	8.9	9	8.2	6.2	5.9

(สำนักสารสนเทศภูมิอากาศ, 2528)

ในการมองเห็นสิ่งต่างๆนั้นความชัดเจนของการมองเห็นเกิดจากปริมาณแสงที่ตกกระทบบนวัตถุในระดับที่แตกต่างกัน ทำให้เกิด Contrast และเกิดจากคุณสมบัติของวัตถุที่มีผลให้เกิดความสว่างบนผิว (Brightness)ในระดับที่แตกต่างกัน นอกจากนั้นสีต่างๆที่เกิดขึ้นของวัตถุก็เป็นผลเนื่องมาจากช่วงคลื่นของแสงที่ส่องออกมาจากแหล่งกำเนิดกระทบวัตถุแล้วเกิดการหักเห,ดูดซับหรือสะท้อนคลื่นสีต่างๆออกมา เช่น ในวัตถุที่บแสงที่สะท้อนคลื่นแสงสีแดง และดูดซับคลื่นแสงสีอื่นๆไว้ ก็จะเห็นวัตถุนั้นๆเป็นสีแดง ซึ่งทฤษฎีของแสงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องของสี ได้แก่ ความแม่นยำในการมองเห็นสีของวัตถุ (Color Rendition) โดยจะมี Color Rendering Index (CRI) เป็นตัวชี้ให้เห็นถึงความแม่นยำในการมองเห็นสีของแหล่งกำเนิดแสง เช่น ค่า CRI ที่ 100 แสดงว่ามองเห็นสีได้อย่างถูกต้อง ไม่ผิดเพี้ยน หรือ ค่า CRI ที่ 90 แสดงให้เห็นว่าความแม่นยำในการเห็นสีมีน้อยลง แสงธรรมชาติเป็นแสงที่ให้ค่า Color Rendition ที่ดีและสมบูรณ์ที่สุดเนื่องจากแสงสว่างธรรมชาติจะให้ช่วงคลื่นกว้างที่สุด (มีทุกคลื่นสี) หมายความว่าวัตถุต่างๆภายใต้แสงสว่างธรรมชาติจะให้สีที่ถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ส่วนแสงประดิษฐ์นั้น มีหลอดไฟไม่กี่ชนิดที่มีค่า CRI มากกว่า 85

2.7 สภาพท้องฟ้า (Sky Condition)

ค่าความสว่างและความจ้าของท้องฟ้าอันเนื่องมาจากแสงธรรมชาติที่แปรเปลี่ยนตลอดเวลา เป็นผลเกิดจากการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ปริมาณของเมฆ และอนุภาคในอากาศ เช่น ฝุ่น,ควัน หรือไอน้ำ โดยทั่วไปสภาพของท้องฟ้าแยกพิจารณาออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

2.7.1 **สภาพท้องฟ้าที่ปกคลุมด้วยเมฆจนไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสง หรือ ดวงอาทิตย์ได้ (Overcast Sky หรือเรียกว่า CIE Sky)** ความสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้มีความสว่างในปริมาณที่แตกต่างกัน (Non Uniform Brightness) ซึ่งความสว่างในระดับสูงสุด (Zenith-Brightness) ที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ มีค่ามากกว่าความสว่างในแนวระนาบ (Horizon-Brightness) ที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้งถึง 3 เท่ามีผลให้พื้นผิวในระนาบมีความสว่างมากกว่าพื้นผิวในแนวตั้ง ทั้งนี้เนื่องด้วยค่าความสว่างของท้องฟ้าที่จุดใดๆจะพิจารณาจากมุม altitude ของดวงอาทิตย์เหนือระดับแนวระนาบซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$L_A = L_Z (1+2 \sin A)/3 \qquad (7)$$

โดย L_A คือ ความสว่างของท้องฟ้าที่ตำแหน่งมุม A องศา เหนือแนวระนาบในทุกทิศทาง

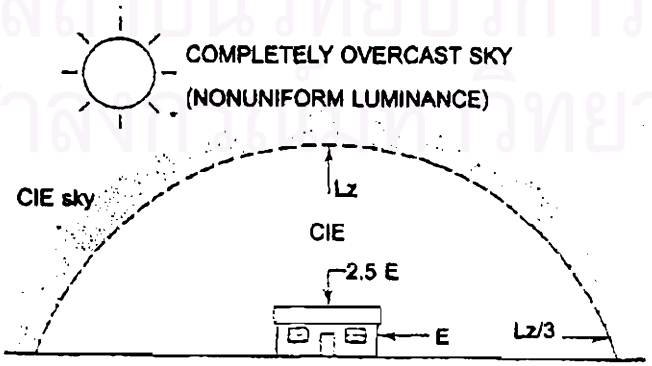
L_Z คือ ความสว่างของท้องฟ้าที่จุดสูงสุด

ดังนั้นความสว่างที่ตำแหน่งแนวระนาบ หรือที่มุม A=0 องศา จะมีค่า = L_Z /3

ส่วนค่าความสว่างที่ระดับสูงสุด Zenith Luminance จากการศึกษา (Krochman and Sidel) พบว่า

$$L_Z = 123 + 8600 \sin A \text{ (cd/sqm)} \qquad (8)$$

โดย A คือ Solar Altitute



รูปที่ 2.13 รูปแสดงท้องฟ้าแบบ Overcast Sky

(Stein และ Reynolds,1992: 974)

สภาพท้องฟ้าแบบนี้ในอีกกรณีคือมีความสว่างในปริมาณที่สม่ำเสมอกัน (Uniform Brightness) ความสว่างในระดับสูงสุด (Zenith-Brightness) ที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ มีค่าเท่ากับความสว่างในแนวระนาบ (Horizon-Brightness) ที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง แต่ก็มีผลให้พื้นผิวในระนาบมีความสว่างมากกว่าพื้นผิวในแนวตั้ง

2.7.2 <u>สภาพท้องฟ้าโปร่งไม่มีเมฆปกคลุม (Clear Sky)</u> ความสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้เกิดจาก 2 องค์ประกอบคือ แสงกระจายจากท้องฟ้า (Diffuse Illumination) และ แสงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sun) ซึ่งปริมาณความสว่างของทั้ง 2 องค์ประกอบขึ้นอยู่กับ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ (Solar altitude) เป็นหลัก โดยมีความสว่างของท้องฟ้าในปริมาณที่แตกต่างกัน ความสว่างในระดับสูงสุดที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ มีค่าน้อยกว่าความสว่างในแนวระนาบที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง ประมาณ 3 เท่า หากไม่พิจารณาถึงมุมที่สามารถมองเห็นดวงอาทิตย์

ความส่องสว่างของพื้นผิวแนวระนาบจากเนื่องแสงกระจายของท้องฟ้า หากพิจารณาเพียงครึ่งส่วนท้องฟ้า (Half Sky) จะมีค่าความส่องสว่างอยู่ระหว่าง 300 ถึง 2,000 ฟุตแคนเดิล และมีค่าเฉลี่ย 1,000 ฟุตแคนเดิล

จากการวิจัย (Moon และ Hopkinson,1968) พบว่าค่าความสว่างของสภาพท้องฟ้าแบบโปร่งสามารถเขียนเป็นสมการแยกออกได้ 2 กรณีคือ

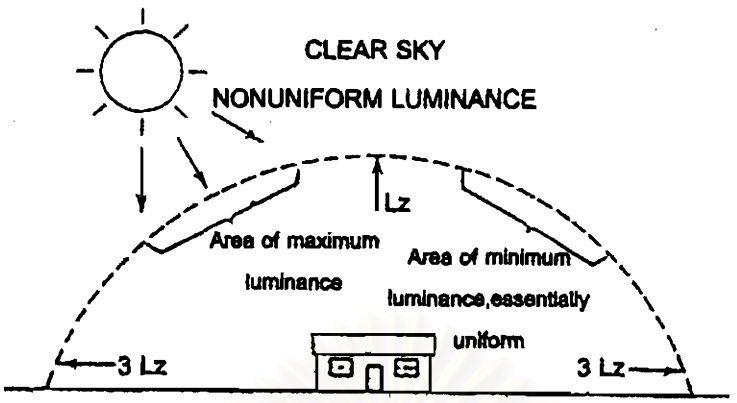
กรณีเกิดจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว สมการได้แก่

$$E_H = 1345 + 14,795 \sin A \text{ (lux)} \qquad (9)$$

กรณีเกิดจากรังสีตรงเพียงอย่างเดียว สมการได้แก่

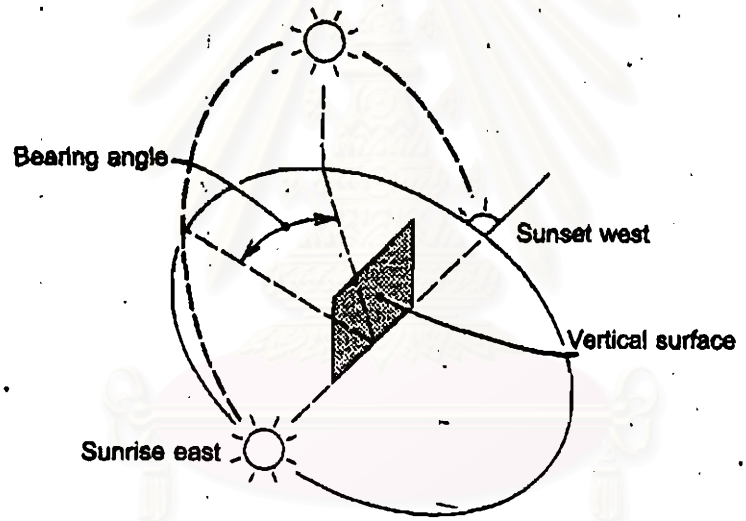
$$\log E_H = 4.466 + 0.31 \log A \text{ (lux)} \qquad (10)$$

ความส่องสว่างของพื้นผิวในแนวตั้ง ขึ้นอยู่กับมุม azimuth และ altitude หรือ มุม bearing ของดวงอาทิตย์ เนื่องจากปริมาณความสว่างที่ไม่สม่ำเสมอของท้องฟ้าลักษณะนี้จะมีความสว่างสูงในทิศทางที่อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ และลดต่ำลงเมื่ออยู่ห่าง หรือด้านตรงข้ามของดวงอาทิตย์ อย่างไรก็ตามหากมุม bearing มีค่ามากกว่า 90 องศา (ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งด้านหลังของช่องเปิด) จะต้องพิจารณาถึงวัตถุ หรือ พื้นผิวใดๆที่อาจทำให้เกิดการสะท้อนของแสงสู่ช่องเปิดนั้นด้วย



รูปที่ 2.14 รูปแสดงท้องฟ้าแบบClear Sky

(Stein และ Reynolds,1992 : 974)



รูปที่ 2.15 รูปแสดง bearing angle

(Stein และ Reynolds,1992 : 977)

2.7.3 <u>**สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky)**</u> การหาค่าความสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้จะทำได้ยากเนื่องจากการแปรเปลี่ยนของเมฆตลอดเวลา โดยทั่วไปการพิจารณาค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วนนี้ หากเมฆที่ปกคลุมมีลักษณะเบาบาง ไม่หนาทึบ (น้อย) ค่าความสว่างจากท้องฟ้านี้มีค่ามากกว่าค่าความสว่างที่ได้จากท้องฟ้าแบบโปร่ง 10 ถึง 15 เปอร์เซนต์ เนื่องจากการสะท้อนแสงของเมฆ (Nadamura และ Oki,1983) Krochman (1968) พบว่าค่าความสว่างของท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วนสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E_{Hp} = 570\ A \qquad (11)$$

โดย E_{HP} คือ ค่าความสว่างภายนอกที่ระดับระนาบภายใต้ท้องฟ้า Partly Cloudy Skyมีหน่วยเป็น ลักซ์
A คือ Solar altitude

อย่างไรก็ตามหากเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้ามีลักษณะเป็นกลุ่มหนาทึบ หรือมีสีดำ เช่นเมฆฝน ก็อาจทำให้แสงกระจายที่สะท้อนจากท้องฟ้า และปริมาณแสงตรงจากดวงอาทิตย์ถูกกั้น นั่นคือแสงจะถูกดูดกลืนมากกว่าสะท้อน อันเป็นผลให้ค่าความสว่างจากท้องฟ้ามีค่าลดลง หากพิจารณาค่าความส่องสว่างในระดับระนาบแนวนอนและระนาบแนวตั้ง ซึ่งมีอิทธิพลในการพิจารณาการนำแสงธรรมชาติมาใช้ จากการศึกษา (the Gillete prediction model,1985) อาศัยดรรชนีเมฆ หรือ Cloud Ratio หาความสัมพันธ์ของความส่องสว่างของท้องฟ้าอันเกิดจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์และแสงกระจายจากท้องฟ้า (Elvegard and Sjostedt,1940) พบความสัมพันธ์เพื่อหาค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ยของระดับระนาบแนวนอนที่ปราศจากสิ่งกีดขวางดังนี้

$$E_H = 0.35\, E_S + 0.89\, E_C \qquad (12)$$

โดย E_S คือค่าความส่องสว่างที่ได้จากแสงตรงของดวงอาทิตย์
E_C คือค่าความส่องสว่างที่ได้จากแสงกระจายภายใต้ท้องฟ้าโปร่ง

การพิจารณาสภาพของท้องฟ้า สามารถพิจารณาโดยอาศัยข้อมูลที่เก็บเป็นรายชั่วโมง ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 - 10 (กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา) โดยที่

ค่าระหว่าง 0 -3 จัดเป็นสภาพท้องฟ้าโปร่งไม่มีเมฆ (Clear Sky)

ค่าระหว่าง 3 -7 จัดเป็นสภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (Partly Cloudy Sky)

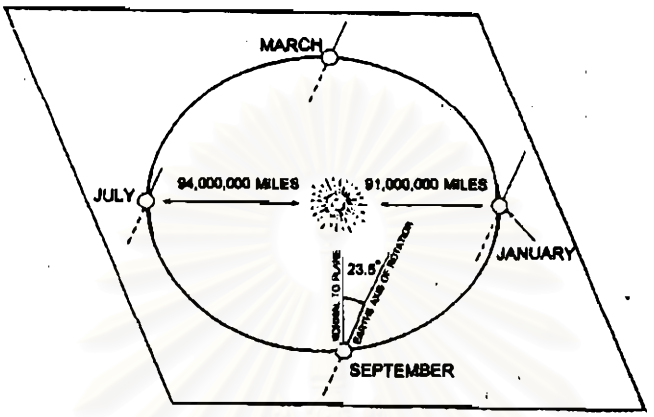
ค่าระหว่าง 7 -10 จัดเป็นสภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก (Overcast Sky)

2.8 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

เป็นการถ่ายเทพลังงานผ่านบรรยากาศในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave)แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

<u>การแผ่รังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (Solar Radiation)</u> เกิดจากพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงของดวงอาทิตย์แผ่รังสีในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแลกเปลี่ยนกับผิวโลกที่มีระยะห่างจากกัน 93 ล้านไมล์ เป็นการแผ่รังสีคลื่นสั้น (Short-Wave Radiation) ในช่วงคลื่นรังสีอุลตร้าไวโอเลต (Ultraviolet region) ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่น 0.29 - 0.40 นาโนเมตร ช่วงแสงที่ตามองเห็น (Visible region) ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่น 0.4 - 0.7 นาโนเมตร และช่วงใกล้อินฟราเรด (The near infrared region) ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่น 0.7 - 3.5 นาโนเมตร โดยมีสัดส่วนของปริมาณพลังงานเท่ากับ 7% , 39% และ 52% ตามลำดับ

ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่แผ่นอกบรรยากาศโลกมีค่าแตกต่างอันเนื่องมาจากแกนโลกที่เอียง และวงโคจรของโลกที่มีลักษณะเป็นวงรีรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1,370 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่าสูงสุดประมาณ 1,418 วัตต์ต่อตารางเมตรเมื่อโลกอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุด ประมาณวันที่ 3 มกราคม และมีค่าต่ำสุดประมาณ 1,325 วัตต์ต่อตารางเมตรเมื่อโลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ที่สุด ประมาณวันที่ 4 กรกฎาคม (ASHRAE,1993)



รูปที่ 2.16 รูปแสดงตำแหน่งและระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ ที่วันเวลาต่าง ๆ

(ASHRAE,1993: 27.10)

2.8.2 **การแผ่รังสีดวงอาทิตย์จากพื้นผิวโลก (Terrestrial Radiation)** เป็นการแผ่รังสีที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนระหว่างบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกและวัตถุบนพื้นผิวโลกเป็นการแผ่รังสีคลื่นยาว(Long-wave Radiation) ในช่วงคลื่นเหนืออินฟราเรด (The far infra-red region) ในการพิจารณาการแผ่รังสีสามารถพิจารณาออกได้เป็น

รังสีตรงของดวงอาทิตย์ (I_D : Direct Solar Radiation) เป็นพลังงานที่ได้รับโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งมีทิศทางของพลังงานจากดวงอาทิตย์มาถึงหน่วยรับบนพื้นโลกไม่เปลี่ยนแปลง

รังสีกระจายของดวงอาทิตย์ (I_d : Diffusse Solar Radiation) เป็นพลังงานที่ไม่ได้รับโดยตรงจากดวงอาทิตย์ แต่รับจากตัวกลางที่ขวางกั้นรังสีดวงอาทิตย์ไว้ หรือเป็นพลังงานที่ได้รับจากท้องฟ้าทั้งหมด

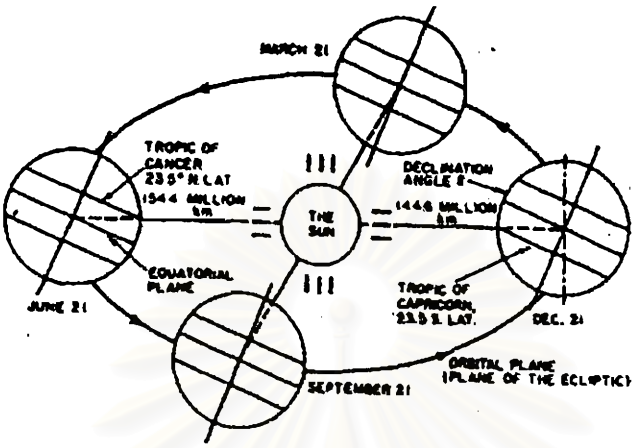
รังสีสะท้อนของดวงอาทิตย์ (I_r : Reflected Solar Radiation) เป็นพลังงานที่ได้รับจากพื้นผิวที่รังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบแล้วสะท้อนกลับ

รังสีรวมของดวงอาทิตย์ (I_T : Total or Global Solar Radiation) คือพลังงานรังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดประกอบด้วย รังสีตรง รังสีกระจาย ที่ได้รับในแนวระนาบ โดยทั่วไปจะวัดพลังงานรังสีรวมของดวงอาทิตย์บนระนาบระดับ ต่อหน่วยเวลา ต่อหน่วยพื้นที่สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$I_T = I_D + I_d + I_r \qquad \text{BTU/ Hr.Sq.ft} \qquad (13)$$

จากการศึกษาประสิทธิภาพความสองสว่างต่อพลังงานที่ตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ในแนวระนาบ (Treado and Gillete,1983) พบว่า รังสีกระจายของดวงอาทิตย์มีค่า 14 ลูเมนต่อวัตต์ รังสีตรงของดวงอาทิตย์มีค่า 105 ลูเมนต่อวัตต์ รังสีรวมของดวงอาทิตย์ (รังสีตรงและรังสีกระจาย) มีค่า 119 ลูเมนต่อวัตต์

2.8.3 **เดคลิเนชั่น (Declination)** คือมุมที่เกิดระหว่างแนวต่อศูนย์กลางของโลกกับดวงอาทิตย์ทำกับระนาบศูนย์สูตร โดยทางเหนือของระนาบศูนย์สูตรมีค่าเป็นบวก ทางใต้ของระนาบศูนย์สูตรมีค่าเป็นลบ ซึ่งค่าจะอยู่ระหว่าง -23.45 ° ถึง 23.45 °



รูปที่ 2.17 รูปแสดงการหมุนของโลกรอบดวงอาทิตย์และมุมเดคลิเนชั่น

(ASHRAE,1993: 27.10)

2.8.4 **ความสัมพันธ์ระหว่างแสงธรรมชาติกับปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์** (The Relationship between Daylight and Solar Radiation)

Hopkinson (1966) พบความสัมพันธ์ดังนี้

ปริมาณแสงสว่างที่ได้รับจากดวงอาทิตย์จะเท่ากับ 117 Lumen / Watt ที่มุมของดวงอาทิตย์มากกว่าหรือเท่ากับ 25° และจะเท่ากับ 90 Lumen / Watt ที่มุมของดวงอาทิตย์อยู่ระหว่าง 7.5° ถึง 25° ซึ่งในสภาพความเป็นจริงแล้วยังต้องคำนึงถึงตัวแปรอื่นๆอีก เช่น ลักษณะของท้องฟ้าและสภาพบรรยากาศเป็นต้น

ความสัมพันธ์ของปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดบนระนาบ (BTU/SQ.FT.) กับปริมาณความสว่างจากแสงสว่างของดวงอาทิตย์ (Footcandle) โดยวิธี Regression Equation เป็นสมการดังนี้

$$E = 104.8 + 31.007 * I \qquad (14)$$

โดยที่ E คือ ปริมาณความสว่างจากแสงสว่างของดวงอาทิตย์ หน่วยเป็น Footcandle

I คือ ปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดบนระนาบ หน่วยเป็น BTU/Hr.SQ.FT.

ซึ่งความสัมพันธ์นี้ครอบคลุมในทุกๆสภาพของลักษณะท้องฟ้าที่ท้องฟ้าเดียวกัน มีค่าความถูกต้องในการทะประมาณ (R-Square) เท่ากับ 0.97 และค่าความผิดพลาดมาตรฐาน (Standard error) เท่ากับ 9.7 footcandles

2.9 ทฤษฎีการให้ความสว่างแก่อาคารโดยอาศัยแสงธรรมชาติ

การให้ความสว่างแก่อาคารโดยใช้แสงธรรมชาติ ในการพิจารณาระดับความสว่างภายในอาคารอันเกิดจากแสงสว่างธรรมชาติสามารถแยกพิจารณาได้ออกเป็น 2 แนวทาง คือ

การพิจารณาจากปริมาณค่าความส่องสว่างรวม (Absolute Illuminance) เป็นการพิจารณาระดับความส่องสว่างภายในอาคารในตำแหน่งต่างๆพื้นที่ในความสูงที่กำหนดจากระดับพื้นห้องนั้นๆโดยวัดค่าความส่องสว่างออกมาเป็นปริมาณแสงต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็น ฟุตแคนเดิล(Footcandal) หรือ ลักซ์ (Lux) ซึ่งค่าของความสว่างที่เกิดภายในอาคารจะขึ้นอยู่กับเวลา ,ทิศทางการเปิดของช่องแสง ,สภาพของท้องฟ้า

การพิจารณาโดยอาศัยอัตราส่วนของระดับความส่องสว่างของภายในต่อภายนอกอาคาร (Relative Illuminance) ภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบ Overcast Sky ค่าที่ได้เป็นเปอร์เซนต์ (%) ซึ่งมีค่าคงที่ไม่แปรเปลี่ยนตามช่วงเวลาหรือทิศทางการเปิดของช่องแสง หากแยกการพิจารณาออกเป็นวิธีการวิเคราะห์การให้แสงสว่างภายในอาคารอันเกิดจากแสงธรรมชาติโดยทั่วไปแยกออกเป็น 3 วิธี คือ

- Lumen Method
- Daylight Factor Method
- Flux Transfer Method

ซึ่งในการศึกษานี้จะกล่าวเพียงวิธี Lumen Method และ Daylight Factor Method เท่านั้น

2.9.1 Lumen Method เป็นการพิจารณาค่าความส่องสว่างรวมที่ตกกระทบ ณ จุดใดจุดหนึ่งในระดับที่กำหนดภายในอาคารอันเนื่องมาจากปริมาณแสงจากภายนอกที่ส่องผ่านช่องเปิดหรือช่องแสงเข้ามาในขณะนั้นในบางครั้งอาจเรียกวิธีการนี้ว่า Lumen Input Method หรือ Total Flux Method การพิจารณามีความแตกต่างจากวิธีการ Daylight Factor Method ที่เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายในอาคารที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ หรือห้องขนาดใหญ่ เช่น โรงงาน (Blesele,1953) ซึ่งปริมาณของแสงที่สะท้อนจากภายนอกอาคารและพื้นผิวภายในอาคารมีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารน้อยมาก หมายถึงระดับแสงภายในจะขึ้นอยู่กับสภาพของท้องฟ้าเป็นหลัก แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าห้องที่มีพื้นที่ขนาดเล็กจะใช้วิธี Daylight factor ไม่ได้ หากห้องที่พิจารณามีพื้นที่ขนาดเล็ก ปริมาณแสงที่สะท้อนจากภายนอกอาคาร เช่นพื้นดิน และแสงสะท้อนจากพื้นผิวภายใน เช่น ผนัง ฝ้าเพดานจะมีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายในห้องนั้นๆ จึงต้องพิจารณาโดยวิธี Lumen Method ซึ่งรวมปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณแสงธรรมชาติเข้าไว้ด้วย

การพิจารณาแบบ Lumen Method ไม่จำเป็นต้องทราบค่าความส่องสว่างที่ทุกตำแหน่งภายในอาคาร โดยทั่วไปสามารถพิจารณาเพียง 3 จุด (Station Point หรือ SP.) ซึ่งอยู่กึ่งกลางห้องในแนวตั้งฉากกับช่องเปิด (รูปที่ 2.18) และกำหนดเป็น SP.max , SP.mid และ SP.min

โดย SP.max คือตำแหน่งที่อยู่ห่างจากช่องเปิดเป็นระยะ 5 ฟุตที่ระดับความสูง 0.75 เมตร (ระดับ Working plane)

SP.mid คือตำแหน่งที่จุดศูนย์กลางของห้อง ที่ระดับความสูง Working plane

SP.min คือตำแหน่งที่อยู่ห่างจากผนังด้านตรงข้ามช่องเปิดเป็นระยะ 5 ฟุตที่ระดับความสูงของ Working plane

ซึ่งค่าความส่องสว่างที่ได้กำหนดให้เป็น E max , E mid และ E min โดยที่

E max คือค่าความส่องสว่างรวม (absolute illuminance) ที่วัดค่าได้ที่ SP.max

E mid คือค่าความส่องสว่างรวม (absolute illuminance) ที่วัดค่าได้ที่ SP.mid

E min คือค่าความส่องสว่างรวม (absolute illuminance) ที่วัดค่าได้ที่ SP.min

และมีการพิจารณาปัจจัยหลัก 4 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพการส่องสว่าง ดังนี้

ก.) ปริมาณแสงที่ตกกระทบถึงช่องเปิดเหนือระนาบที่พิจารณา โดยพิจารณาตัวแปรของแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ คือ ดวงอาทิตย์ และท้องฟ้าที่มีผลกระทบต่อปริมาณแสง ได้แก่

- ค่าความสว่าง และสภาพของท้องฟ้า
- มุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อช่องเปิด
- ปริมาณความเข้มของแสงแดด (Intensity of Sunlight) โดยไม่รวมแสงแดดที่ส่องเข้าสู่ภายในห้อง

ข.) ปริมาณแสงที่ตกกระทบถึงช่องเปิดต่ำกว่าระนาบที่พิจารณา โดยพิจารณาตัวแปรที่มีผลกระทบดังนี้

- ค่าความสว่างที่ตกกระทบพื้นดินภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบ clear หรือ overcast sky โดยที่กำหนดให้

  EGH,c คือค่าความสว่างที่ตกกระทบพื้นดินภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบ clear sky

  EGH,o คือค่าความสว่างที่ตกกระทบพื้นดินภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบ overcast sky
- ค่าการสะท้อนแสงของดิน ($\rho_{gr.}$)

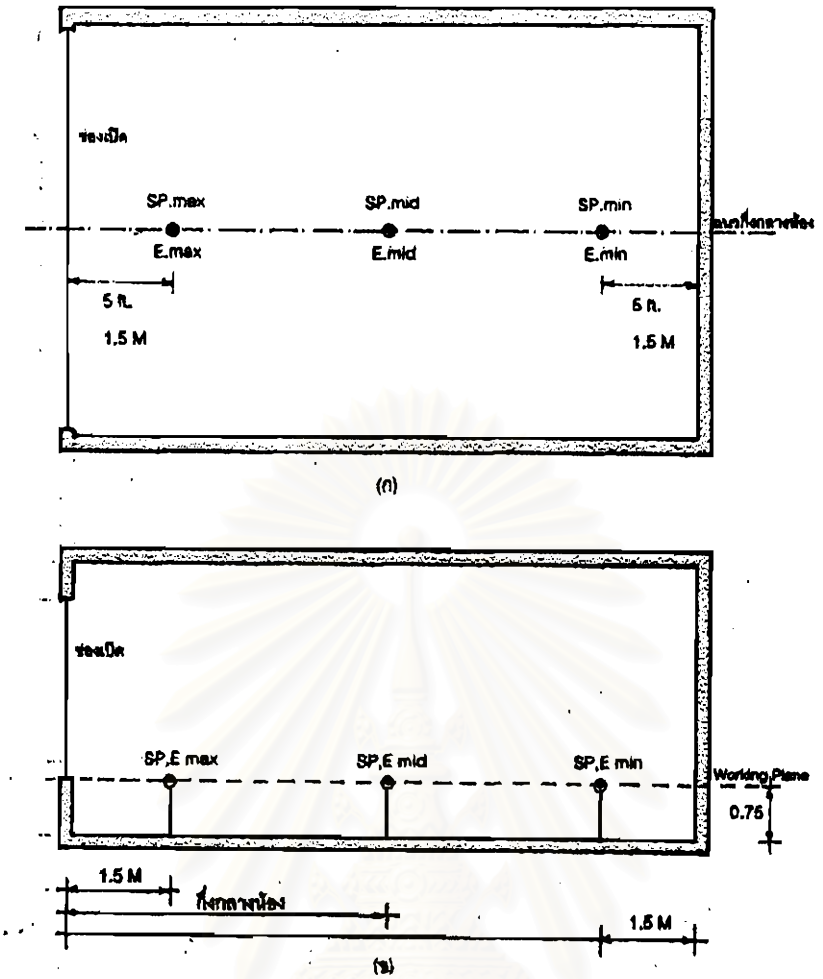
ค.) ปริมาณแสงที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่ภายในอาคาร โดยพิจารณาตัวแปรที่มีผลกระทบดังนี้

- พื้นที่กระจกของช่องเปิดที่แสงสามารถส่องผ่านได้ (Ag)
- ค่าการส่งผ่านแสงของวัสดุที่เป็นช่องแสง (τ_g)
- อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ช่องแสงที่แสงสามารถส่องผ่านได้ต่อพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด
- ความสกปรกของช่องแสงซึ่งมีผลต่อการส่องผ่านแสงอันเนื่องมาจากการสะสมของฝุ่น หรือ dirt collection (Dg)

ง.) ปริมาณแสงที่สามารถนำมาใช้งานและการกระจายของแสงในระดับ working plane โดยพิจารณาดังนี้

- การกระจายตัวของแสงอันเนื่องมาจากการสะท้อนของพื้นผิวของวัสดุภายในห้อง
- อัตราส่วนความกว้าง ต่อความสูงของช่องเปิด
- อัตราส่วนความกว้าง ต่อความยาว ต่อความสูงของห้อง

I19053575



รูปที่ 2.18 รูปแสดงการพิจารณาความส่องสว่างตามวิธี Lumen Method
(ก) ผังพื้นแสดงตำแหน่ง Sp , E (ข) รูปตัดแสดงตำแหน่ง Sp ,E
(คมกฤช ฐเกียรติมั่น, 2540: 31)

การพิจารณาโดยวิธี Lumen Method ถือว่าระดับของช่องเปิดที่อยู่ในระดับเท่ากันหรือสูงกว่าระดับ working plane เท่านั้นที่จะมีผลต่อปริมาณความส่องสว่างในระดับ working plane ส่วนช่องเปิดที่อยู่ระดับต่ำกว่าถือว่ามีผลน้อยมาก และความกว้างของช่องแสงถือว่ามีความกว้างเท่ากับความกว้างของห้องด้านที่มีช่องแสงนั้น ในการคำนวณแสงธรรมชาติโดยวิธี Lumen Method มีสมการมาตรฐานในการคำนวณดังนี้

$$E_{sp} = E_{ov} * A_g * T_g * CU \qquad (15)$$

โดย E_{sp} คือ ค่าระดับความส่องสว่างภายในที่จุดใดๆที่พิจารณา

E_{ov} คือค่าระดับความส่องสว่างภายนอกจากท้องฟ้าหรือจากพื้นดินที่ตกกระทบพื้นผิวแนวตั้ง

A_g คือ พื้นที่ส่วนของช่องเปิดที่แสงสามารถส่องผ่านเข้ามาได้

T_g คือ ค่าการส่องผ่านของวัสดุของช่องเปิด

CU คือ Coefficient of Utilization หรือ ค่าความสามารถในการนำแสงมาใช้

อย่างไรก็ตามในการพิจารณาค่า CU สามารถอธิบายด้วยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงที่ตกกระทบ ณ จุดใดๆในห้อง ต่อ ปริมาณแสงที่ตกกระทบช่องเปิด ซึ่งประกอบด้วยแสงที่เกิดจากท้องฟ้าและแสงที่เกิดจากการสะท้อนของพื้นดินดังนั้นค่า CU จะถูกพิจารณาออกเป็น 2 ส่วนคือ องค์ประกอบของขนาด รูปร่าง ค่าการสะท้อนแสงของผนัง เป็นการพิจารณาสัดส่วนของห้องในระดับระนาบที่สัมพันธ์กับค่าการสะท้อนแสงของผนังแทนด้วย C และองค์ประกอบของความสูงของฝ้าเพดาน ความกว้างของห้อง ค่าการสะท้อนแสงของผนัง เป็นการพิจารณาสัดส่วนของผนังที่สัมพันธ์กับค่าการสะท้อนแสงของผนังแทนด้วย K

ส่วนค่าการส่องสว่างภายนอก E_{ov} จะพิจารณาเป็น 2 ส่วนเช่นเดียวกันคือ ค่าการส่องสว่างภายนอกจากท้องฟ้าโดยมีทิศทางจากบนลงล่าง (downward) เมื่อเทียบกับช่องเปิดแทนด้วย E_{gv} และ ค่าการส่องสว่างภายนอกอันเนื่องมาจากแสงสะท้อนจากพื้นดินมีทิศทางจากล่างขึ้นบน (upward) เมื่อเทียบกับช่องเปิดแทนด้วย E_{gv}

ดังนั้นค่า C และ K ก็จะถูกพิจารณาแยกตามการส่องสว่างภายนอก คือ Cs , Cg และ Ks , Kg ทำให้สมการที่ *15* กลายเป็น

$$E_{ip} = [E_{sv} * A_s * T_s * C_s * K_s] + [E_{gv} * A_g * T_g * C_g * K_g] \qquad (16)$$

โดยที่ C_s , C_g คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานตามความกว้าง , ยาว ของห้อง และค่าการสะท้อนแสงของผนังต่อ ปริมาณแสงที่ตกกระทบช่องเปิดอันเนื่องมาจากสภาพท้องฟ้าและพื้นดิน

K_s , K_g คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานตามความสูงฝ้าเพดาน และค่าการสะท้อนแสงของผนัง ต่อปริมาณแสงที่ตกกระทบช่องเปิดอันเนื่องมาจากสภาพท้องฟ้าและพื้นดิน

เนื่องจากค่า C , K แปรผันตามขนาดของห้อง ดังนั้น การหาระดับความส่องสว่างที่จุดใดๆสามารถเทียบกับปริมาณแสงสว่างมาตรฐานที่ต้องการใช้งาน ทำให้ทราบว่า ณ จุดต่างๆภายในห้องมีแสงสว่างที่เกิดจากแสงธรรมชาติเพียงพอหรือไม่ ซึ่งอาจต้องใช้แสงประดิษฐ์มาช่วยเสริมระดับความสว่างให้เพียงพอต่อการใช้งาน

ซึ่งค่า C ,K จะมีค่าคงที่ภายใต้สภาพท้องฟ้าหนึ่งๆ ดังนั้นในการพิจารณาค่าความสว่างที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้งจะต้องพิจารณาถึงลักษณะสภาพของท้องฟ้าแต่ละสภาพ ซึ่งสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้

1. <u>สภาพท้องฟ้าแบบ Overcast Sky</u> ปริมาณความสว่างที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้งจากท้องฟ้าและพื้นดิน หน่วยเป็นฟุตแคนเดิล จากสมการที่ 15 จะหาได้จากสมการ

$$E_{s.o} = E_{GV.o} - [E_{GH.o} * 0.1] \qquad (17)$$

$$E_{g.o} = E_{GH.o} * 0.1 \qquad (18)$$

โดยที่ $E_{s,o}$ คือ ค่าความสว่างจากท้องฟ้าแบบ Overcast Sky ที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

$E_{GV,o}$ คือ ค่าความสว่างรวมที่ตกกระทบพื้นผิวแนวตั้งภายใต้สภาพท้องฟ้า Overcast Sky

$E_{GH,o}$ คือ ค่าความสว่างรวมที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ

$E_{g,o}$ คือ ค่าความสว่างจากการสะท้อนของพื้นดินภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบ Overcast Sky ที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

2. <u>สภาพท้องฟ้าแบบ Clear Sky</u> ไม่มีแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ปริมาณความสว่างที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้งจากท้องฟ้าและพื้นดิน หน่วยเป็นฟุตแคนเดิล จากสมการที่ 18 จะหาได้จากสมการ

$$E_{s,c} = E_{dv,c} \qquad (19)$$

$$E_{g,c} = E_{GH,c} * 0.1 \qquad (20)$$

โดยที่ $E_{dv,c}$ คือ ค่าความสว่างของแสงกระจายจากท้องฟ้าแบบ Clear Sky ที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

$E_{GH,c}$ คือ ค่าความสว่างรวมที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ

$E_{g,c}$ คือ ค่าความสว่างจากการสะท้อนของพื้นดิน ภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบ Clear Sky ที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

3. <u>สภาพท้องฟ้าแบบ Clear Sky</u> มีแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ปริมาณความสว่างที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้งจากท้องฟ้าและพื้นดิน หน่วยเป็นฟุตแคนเดิล จากสมการที่ 17 จะหาได้จากสมการ

$$E_{s,c} = E_{GV,c} - [E_{GH,c} * 0.1] \qquad (21)$$

โดยที่ กรณีนี้พิจารณาโดยถือว่ามีการป้องกันแสงแดดโดยตรงไม่ให้ผ่านเข้ามาทางช่องเปิด

$E_{GH,c}$ คือ ค่าความสว่างรวมที่ตกกระทบพื้นผิวแนวระนาบ

$E_{GV,o}$ คือ ค่าความสว่างรวมที่ตกกระทบพื้นผิวแนวตั้งภายใต้สภาพท้องฟ้า Clear Sky

4. <u>สภาพท้องฟ้าแบบ Uniform Sky</u> ปริมาณความสว่างที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้งจากท้องฟ้าและพื้นดิน หน่วยเป็นฟุตแคนเดิล จากสมการที่ 16 จะหาได้จากสมการ

กรณีที่พิจารณาโดยถือว่ามีการป้องกันแสงแดดโดยตรงไม่ให้ผ่านเข้ามาทางช่องเปิด

$$E_{s,u} = E_{gu} \qquad (22)$$

กรณีที่พิจารณาสภาพท้องฟ้าแบบ Overcast Sky จะหาได้จากสมการ

$$E_{in} = 0.5 * E_{out} \qquad (23)$$

2.9.2 Daylight Factor Method เป็นการพิจารณาปริมาณความสว่างภายในอาคารที่ได้จากแสงธรรมชาติที่เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ ระดับแสงภายในจะขึ้นสภาพท้องฟ้าเป็นหลักซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่มีผลสำคัญต่อแสงสว่างและปริมาณความเข้มของแสง นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับมุมที่ดวงอาทิตย์กระทำต่อพื้นที่แต่ละที่ (altitude ,azimuth) ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามวัน และเวลาที่แตกต่างกัน องค์ประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อแสงสว่างธรรมชาติ โดยทั่วไปพิจารณาจาก 3 องค์ประกอบ คือ

2.8.2.1 องค์ประกอบจากท้องฟ้า (Sky componant)

2.8.2.2 องค์ประกอบภายนอก (Externally reflected componant)

2.8.2.3 องค์ประกอบภายใน (Internally reflected componant)

องค์ประกอบจากท้องฟ้า Sky componant (SC) โดยสภาพของท้องฟ้าจะเห็นได้ว่าเกิดขึ้นได้ในหลายสภาพ เช่นท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆ (clear sky) หรือที่ปกคลุมด้วยเมฆจนบางครั้งไม่สามารถมองเห็นดวงอาทิตย์ได้ (completely overcast sky) เหล่านี้มีผลต่อปริมาณความสว่างที่เกิดขึ้น

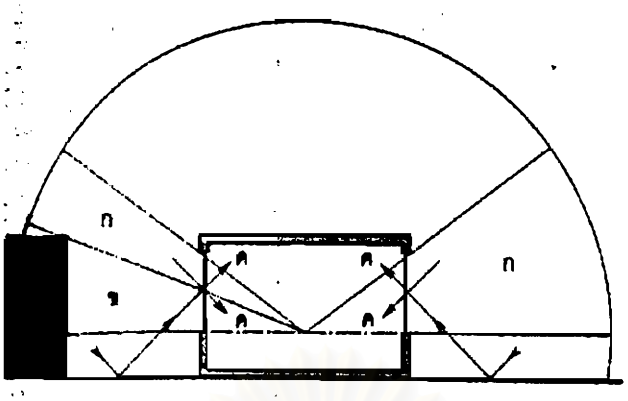
องค์ประกอบภายนอก Externally reflected componant (ERC) เป็นการพิจารณาแสงที่เกิดจากการสะท้อนของวัตถุ (หรือ อาคาร) ที่ตั้งอยู่ภายนอกหรือบริเวณข้างเคียง แสงส่องผ่านเข้ามาสู่ตัวอาคารเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดแสงอีกตัวหนึ่ง ซึ่งปริมาณแสงก็ขึ้นอยู่กับทิศทางที่แสงสะท้อน หรือคุณสมบัติของพื้นผิวที่สะท้อนนั้นๆ

องค์ประกอบภายใน Internally reflected componant (IRC) เป็นการพิจารณาแสงที่เกิดจากการสะท้อนของวัตถุ (หรือ อาคาร) ที่ตั้งอยู่ภายในอาคารโดยได้รับแสงจาก SC และ ERC และปริมาณแสงก็ขึ้นอยู่กับทิศทางที่แสงสะท้อน หรือคุณสมบัติของพื้นผิวที่สะท้อนนั้นๆเช่นเดียวกันกับ ERC (รูปที่ 2.19)

การกำหนดค่า DAYLIGHT FACTOR (D.F.) ก็คือค่าสัดส่วนของปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่ภายในอาคารแต่ละจุดใดๆต่อปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่แนวระนาบภายนอกอาคาร ภายใต้สภาพ clear sky หรือ overcast sky ที่ไม่มีสิ่งกีดขวางและไม่รวมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (excluded direct sun) อย่างไรก็ดี ค่า D.F. นี้ไม่สามารถนำมาใช้กับท้องฟ้าประเภท partly cloudy โดยตรงเนื่องจากระดับความส่องสว่างมีการเปลี่ยนแปลงมาก ทำให้ค่า D.F. เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จึงไม่สามารถใช้เป็นวิธีคำนวณค่าสัมบูรณ์ของปริมาณแสงได้ แต่ก็สามารถใช้การสร้าง D.F. Contour แสดงความต่อเนื่องของปริมาณแสงสำหรับพื้นที่ภายในอาคารแทน ค่าที่ได้เป็นค่าเปอร์เซนต์

$$\text{D.F. (\%)} = \frac{\text{ความสว่างภายใน}}{\text{ความสว่างภายนอก(ไม่รวมแสงแดดตรง)}} \times 100\% \qquad (24)$$

และ $$\text{D.F.} = \text{SC} + \text{ERC} + \text{IRC} \qquad (25)$$



รูปที่ 2.19 รูปแสดง DAYLIGHT FACTOR ก)องค์ประกอบจากท้องฟ้า(SC) ข)องค์ประกอบภายนอก เช่นอาคารข้างเคียง (ERC) และ ค) องค์ประกอบภายใน (IRC)

(Robbins,1986: 173)

ถึงแม้ว่าค่า DAYLIGHT FACTOR (D.F.) นั้นไม่สามารถเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณของแสงที่แน่นอน แต่ก็สามารถเป็นตัวชี้ได้ว่า ค่าที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ หรือการทำงานในชิ้นงานใดๆมีความเหมาะสมเพียงพอหรือไม่ มีการกำหนดช่วงของค่า DF สำหรับพื้นที่ใช้งานต่างๆ (ตารางที่ 2.2 และ 2.4) อย่างไรก็ตาม ค่า D.F. ที่น้อยที่สุดในบริเวณพื้นที่ใดๆ ไม่ควรมีค่าต่ำกว่า 0.5 % ซึ่งเป็นระดับที่เพียงพอสำหรับการสัญจร

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าประมาณ Daylight Factor สำหรับพื้นที่ใช้งานต่าง ๆ

การใช้งาน	ค่า DF %
การอ่านหนังสือ การทำงานปรกติในช่วงเวลาขณะหนึ่ง	1.5 - 2.5
การอ่านหนังสือ หรือการที่ต้องใช้สายตาในที่ๆหนึ่งในช่วงเวลานานพอสมควร หรือการทำงานที่อาจจะต้องมีอุปกรณ์บางอย่างเข้าช่วย ซึ่งไม่มีอันตรายมาก	2.5 - 4.0
สำหรับการทำงานที่ต้องการความละเอียดสูง หรือการใช้เครื่องจักร อุปกรณ์ที่อาจต้องระมัดระวังเรื่องการเกิดอันตราย	4.0 - 8.0

(Millet และ Bedrick, 1980 อ้างถึงใน Stein และ Reynolds,1992:197)

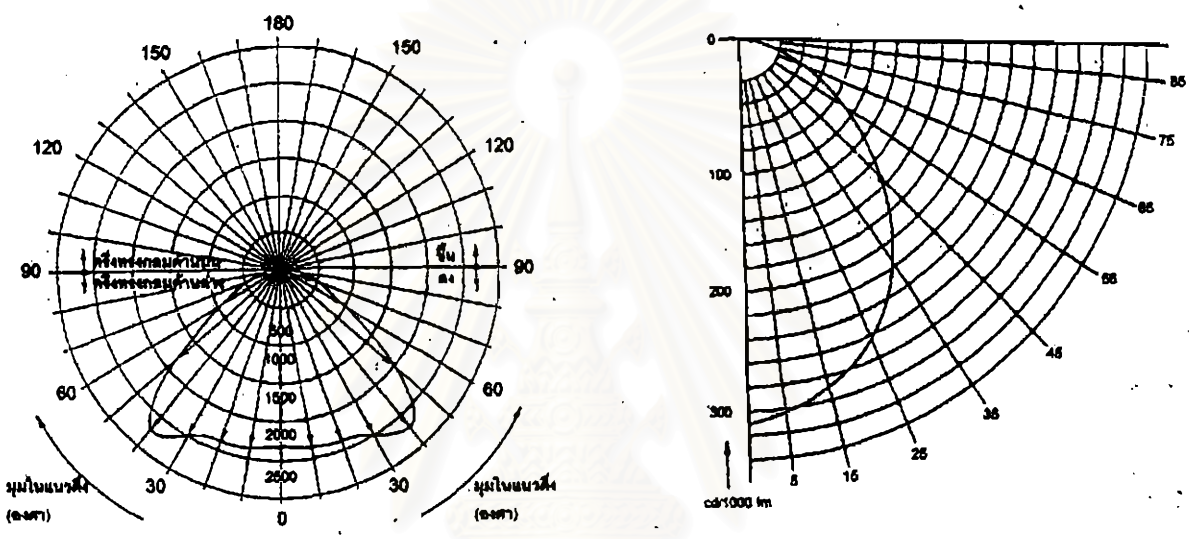
2.10 การให้แสงสว่างภายในอาคารโดยแสงประดิษฐ์

โดยทั่วไปมีวิธีการในการคำนวณ 2 วิธีการคือ Point by Point Method และ Zonal Cavity Method

2.10.1 Point by Point Method เป็นวิธีการหาค่าระดับความสว่างที่จุดใดจุดหนึ่ง โดยอาศัยกราฟแสดงการกระจายของกำลังเทียนและกฎกำลังสองผกผันหาค่าระดับความสว่างจุดที่พิจารณา จากนิยามของความส่องสว่าง สมการที่ 3 หากพิจารณาในรูปกำลังสองผกผัน (Inverse Square Law) จะเขียนเป็นสมการใหม่ดังนี้

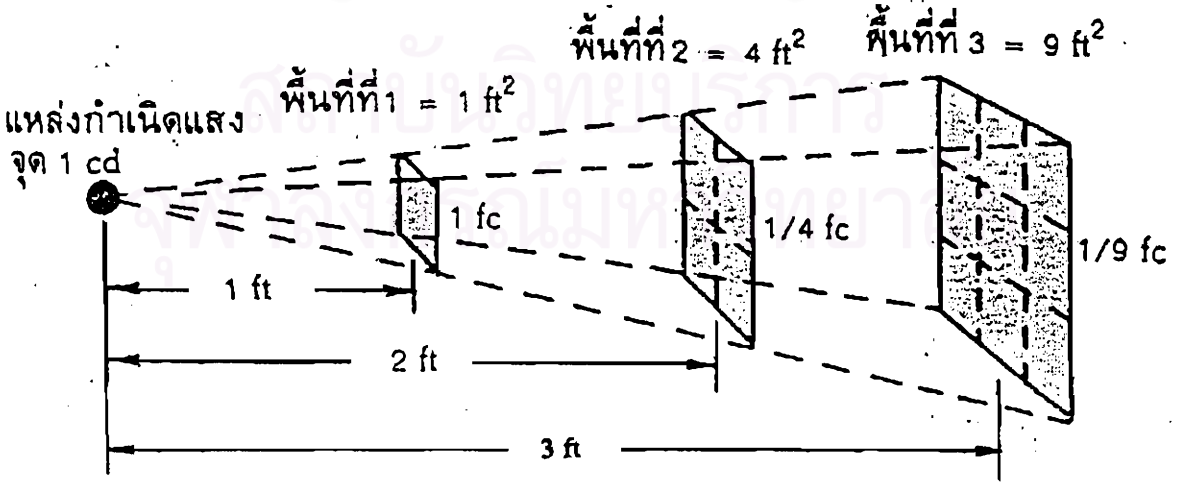
$$E = I / D^2 * COS\ \Theta \qquad (26)$$

โดยที่ $COS\ \Theta$ คือ มุมตกกระทบของลำแสงที่เบนออกไปจากแนวตั้งฉาก



รูปที่ 2.20 กราฟแสดงการกระจายกำลังเทียนของดวงโคม

(คมกฤช ชูเกียรติมั่น, 2540:36)



รูปที่ 2.21 รูปแสดงการพิจารณาค่าระดับความส่องสว่างตามกฎกำลังสองผกผัน

(คมกฤช ชูเกียรติมั่น, 2540:36)

2.10.2 Zonal Cavity Method เป็นการพิจารณาระดับความส่องสว่างเฉลี่ยทั้งห้องที่พิจารณา จากนิยามของความส่องสว่าง

$$E = L / A = \frac{\text{ปริมาณแสงทั้งหมดที่เปล่งออกมาจากดวงโคม (ลูเมน)}}{\text{พื้นที่ที่ต้องการพิจารณาระดับการส่องสว่าง (ตารางเมตร หรือ ตารางฟุต)}} \qquad (27)$$

เนื่องจากเป็นการพิจารณาค่าเฉลี่ย แสงที่เปล่งออกมาจากดวงโคมกระจายทั่วห้อง บางส่วนถูกดูดกลืน บางส่วนถูกสะท้อน โดยฝ้าเพดาน ผนัง พื้น และวัสดุภายในห้อง ดังนั้นปริมาณแสงที่พิจารณาจะต้องพิจารณาร่วมกับ องค์ประกอบ 2 องค์ประกอบหลัก คือ องค์ประกอบที่มีผลให้ปริมาณแสงลดลงของดวงโคม (Light Loss Factor) และ องค์ประกอบ ที่มีผลให้ค่าระดับความส่องสว่างเปลี่ยนไป อันเนื่องมาจาก ค่าการดูดกลืน การสะท้อนของวัตถุรอบๆพื้นที่ที่พิจารณา (Coefficient of Utilization)

องค์ประกอบที่มีผลให้ปริมาณแสงลดลงของดวงโคม (LLF) มีหัวข้อที่พิจารณาดังนี้

ก) ฝุ่น หรือความสกปรก

- ความสกปรกของห้อง (Room Surface Dirt Depreciation) หรือ RSDD
- ความสกปรกของหลอด (Luminaire Dirt Depreciation) หรือ LDD
- ความสกปรกของโคม (Luminaire Surface Depreciation) หรือ LSD

ข) อายุการใช้งานของหลอดไฟ (Lamp Lumen Depreciation) หรือ LLD

ค) บัลลาสต์ (Luminaire Ballast factor) หรือ LBF

ง) อุณหภูมิโดยรอบหลอด (Luminaire Ambient Temperature factor) หรือ LAT

จ) ระดับแรงดันกำลังไฟฟ้าของหลอด (Voltage to Luminaire factor) หรือ VLF

ฉ) การชุดติดของหลอด (Lamp Burnout factor) หรือ LBO

$$LLF = RSDD * LDD * LSD * LLD * LBF * LAT * VLF * LBO \qquad (28)$$

โดย RSDD,LDD,LLD เป็นค่าที่แปรเปลี่ยนตลอด หาได้จากตารางภาคผนวก

(LBF * LAT * VLF * LBO * LSD) โดยทั่วไปมีค่าเท่ากับ 1

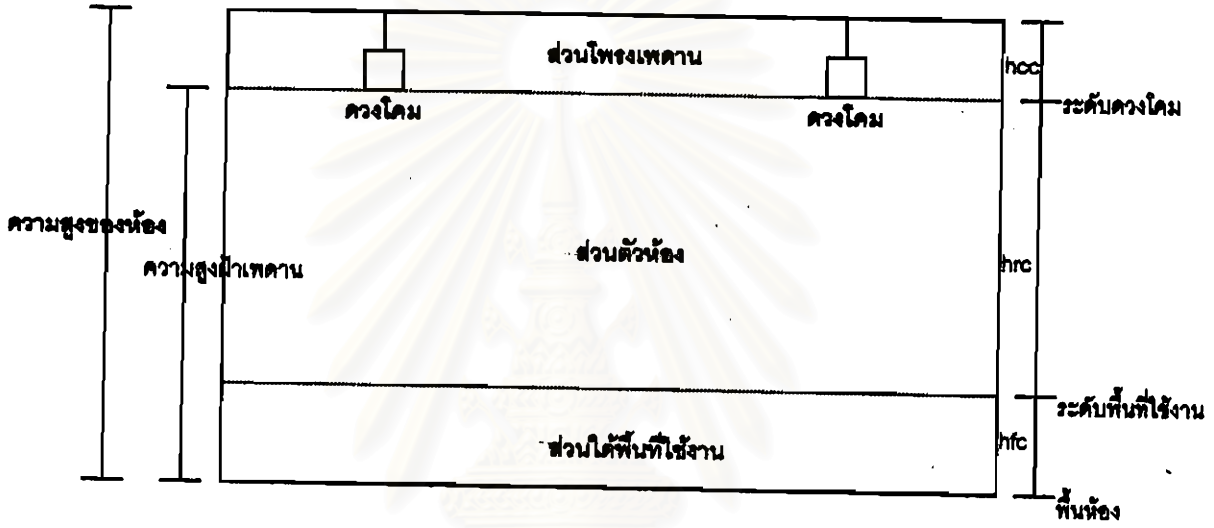
ดังนั้นสมการที่ 27 จะเป็น

$$E = L / A * LLF \qquad (29)$$

องค์ประกอบ ที่มีผลให้ค่าระดับความส่องสว่างเปลี่ยนไป (CU) เป็นค่าที่แสดงการนำแสงสว่างมาใช้งานจริง ซึ่งขึ้นอยู่กับความกว้าง ยาว สูงและคุณสมบัติในการสะท้อนแสงของเพดาน ผนัง พื้น เป็นค่าที่หาได้

จากการเปิดตารางการหาค่า CU พิจารณาโดยแบ่งห้องที่ต้องการหาค่าระดับความส่องสว่างออกเป็น สามส่วน (ZONAL CAVITY) ได้แก่

- ส่วนโพรงเพดาน (Ceiling Cavity) คือส่วนตั้งแต่เพดานจนถึงระดับดวงโคม หรือ ระดับความต่ำของดวงโคม
- ส่วนตัวห้อง (Room Cavity) คือส่วนที่อยู่ต่ำจากระดับดวงโคมลงมาถึงระดับพื้นที่ใช้งานหรือ Working Plane
- ส่วนใต้พื้นที่ใช้งาน (Floor Cavity) คือส่วนที่อยู่ต่ำจากระดับพื้นที่ใช้งานลงมาถึงพื้นห้อง



รูปที่ 2.22 การแบ่งส่วนพื้นที่ภายในห้องเพื่อพิจารณาค่าความส่องสว่างตามวิธี Zonal Cavity Method

และพิจารณาทั้งสามส่วนเป็น อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ในแนวดิ่งต่อพื้นที่ในแนวตั้ง หรืออัตราส่วนโพรง (Cavity Ration) ทั้งสามส่วนได้แก่

- อัตราส่วนโพรงเพดาน (Ceiling Cavity Ratio หรือ CCR)
- อัตราส่วนตัวห้อง (Room Cavity Ratio หรือ RCR)
- อัตราส่วนใต้พื้นที่ใช้งาน (Floor Cavity Ratio หรือ FCR)

โดยที่อัตราส่วนโพรงแต่ละค่าคำนวณได้จากความสูงของแต่ละส่วนที่สัมพันธ์กับความกว้าง (W) ยาว (L) ของห้อง เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$CCR = 5\ hcc\ (W+L) / W * L \qquad (30)$$

$$RCR = 5\ hrc\ (W+L) / W * L \qquad (31)$$

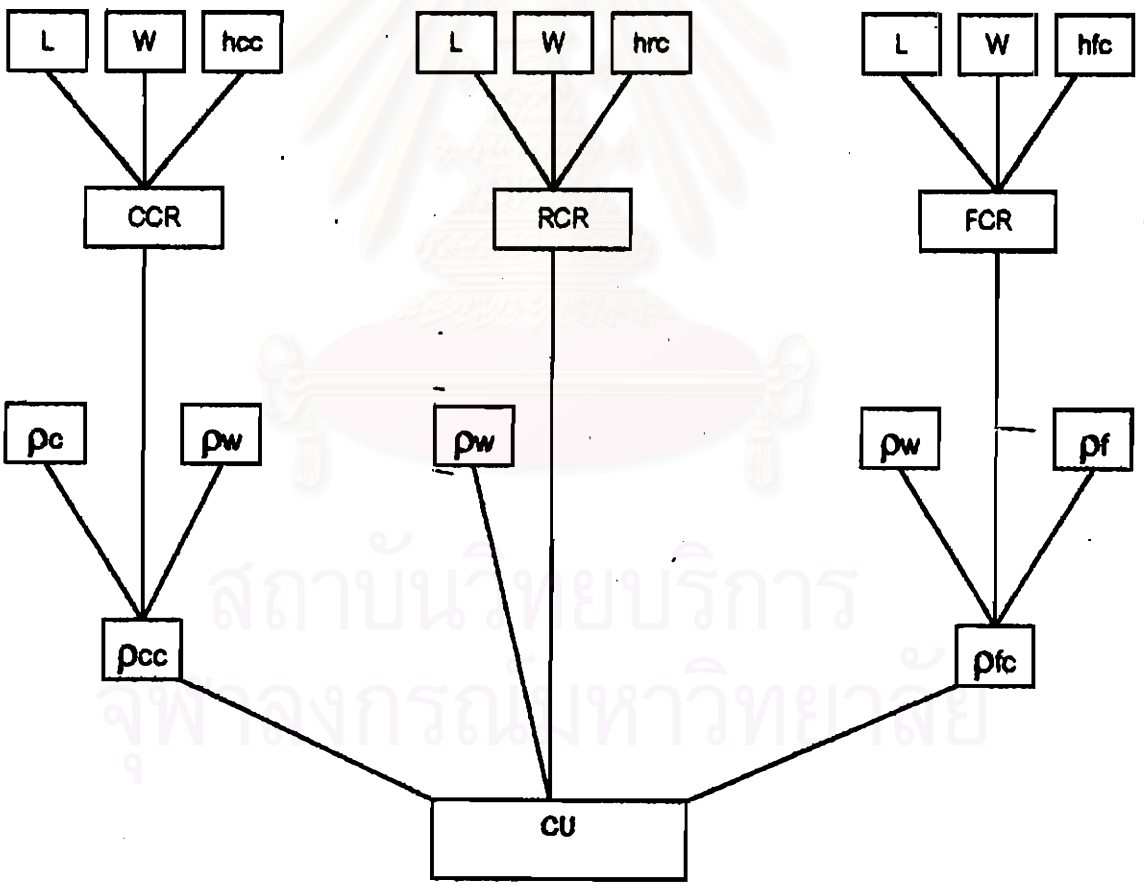
$$FCR = 5\ hfc\ (W+L) / W * L \qquad (32)$$

การคำนวณค่า CU มีขั้นตอนดังนี้

1. หาค่า CCR, RCR และ FCR
2. หาค่าการสะท้อนแสงของฝ้าเพดาน (ρcc) ผนัง (ρw) และพื้น (ρfc)
3. หาค่า CU จากการเปิดตาราง ตามภาคผนวก หากค่าไม่ต้องใช้วิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์เพื่อปรับค่า CU

ดังนั้นสมการที่ 29 จะกลายเป็น

$$E = L / A * LLF * CU \qquad (33)$$

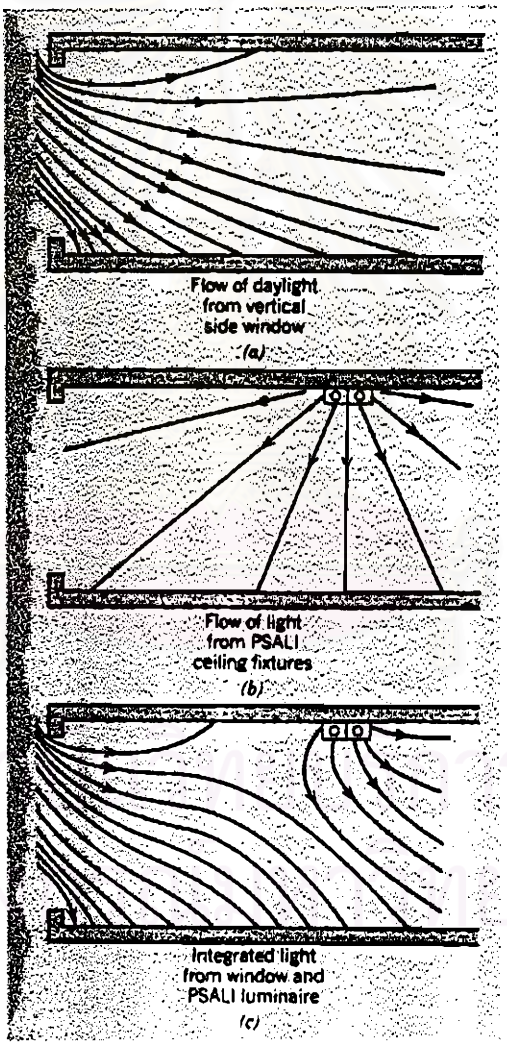


รูปที่ 2.23 ขั้นตอนการหาค่า Coefficient of Utilization จากแสงประดิษฐ์ตามวิธี Zonal Cavity Method

(กนกวรรณ อุสันโน, 2539)

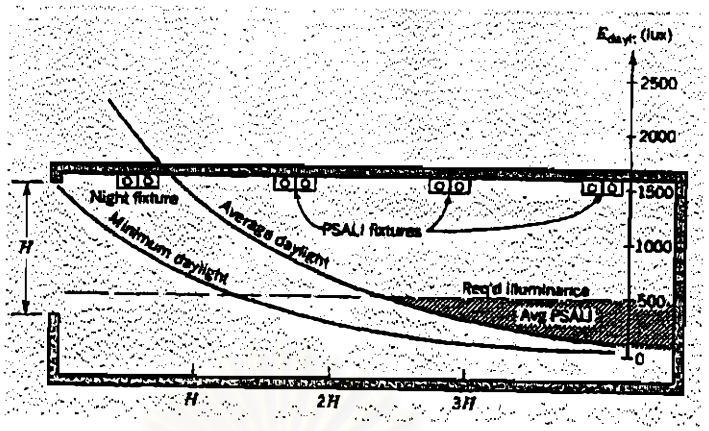
2.11 การให้แสงสว่างภายในอาคารโดยใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์

การพิจารณาเมื่อใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์นั้น การคำนวณปริมาณการส่องสว่าง สามารถนำค่าการส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงทั้งสองชนิดมารวมกันได้ทันที แต่มีข้อแม้ว่าในการนำค่าการส่องสว่างมาบวกรวมกันนั้นต้องเป็นค่าการส่องสว่างที่วัดได้ในระนาบเดียวกัน ดังนั้นในการออกแบบระบบแสงสว่างโดยการใช้แสงธรรมชาติ หากมีปริมาณการส่องสว่างไม่เพียงพอต่อการใช้งานตามที่กำหนด สามารถใช้แสงประดิษฐ์สำรองเพื่อควบคุมระดับการส่องสว่าง หรือ PSALI (Permanent Supplementary Artificial Lighting) มาเสริมในบริเวณที่แสงธรรมชาติ ไม่เพียงพอได้ (รูปที่ 2.24 และ 2.25)



รูปที่ 2.24 รูปแสดงทิศทางของแสงธรรมชาติ ทิศทางของแสงประดิษฐ์ และเมื่อใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์

(Stein และ Reynolds, 1992:969)



รูปที่ 2.25 รูปแสดงระดับปริมาณแสงธรรมชาติที่ได้รับและระดับแสงประดิษฐ์ (PSALI) ที่ต้องการเพื่อรักษาความสม่ำเสมอของแสงต่อความต่องสว่างใช้งานในบริเวณที่ได้รับแสงธรรมชาติไม่เพียงพอ

(Stein และ Reynolds, 1992:970)

2.12 ความร้อนอันเนื่องมาจากดวงไฟแสงสว่าง

จัดได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนภายในอาคารที่สำคัญที่สุด ส่วนหนึ่งเกิดในรูปของการพาความร้อนจากดวงโคม อีกส่วนเกิดในรูปของการแผ่รังสี ซึ่งจะกลายเป็นความร้อนภายหลังจากที่วัสดุต่างๆภายในห้องเช่น พื้น ผนัง ฝ้าเพดาน เฟอร์นิเจอร์ ฯลฯ ได้ดูดกลืนรังสีไว้จนมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง ค่าความร้อนนี้สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = W * \text{Use factor} * \text{Allowance factor} \qquad (34)$$

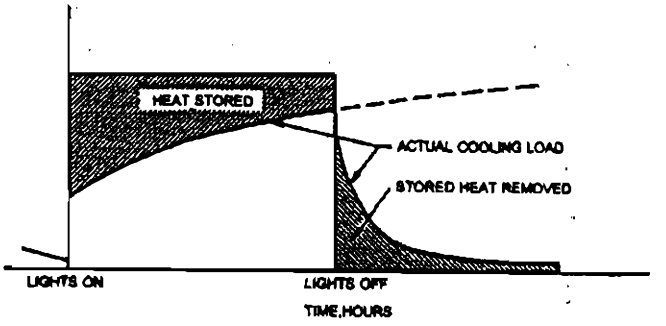
โดยที่ Q คือ ปริมาณความร้อน มีหน่วยเป็น Watt

W คือ จำนวนวัตต์ของดวงไฟทั้งหมด ในพื้นที่ที่พิจารณา

Use factor คือ อัตราส่วนจำนวนวัตต์ของดวงไฟที่เปิดใช้งานจริงต่อจำนวนวัตต์ของดวงไฟที่ติดตั้งทั้งหมดในพื้นที่ที่พิจารณา โดยทั่วไปมีค่า = 1.0

Allowance factor คือ ตัวคูณสำหรับความร้อนที่เกิดจากอุปกรณ์ที่ใช้งานควบคู่กับดวงไฟเช่น Ballast ของหลอด Fluorescent โดยทั่วไปมีค่า = 1.20

ความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงไฟส่วนที่ถูกดูดกลืนโดยวัสดุภายในห้อง หากไม่กลายเป็น ภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ในทันทีที่เปิดดวงไฟ ก็จะกลายเป็นภาระการทำความเย็นในเวลาถัดไปหลังจากปิดไฟ (รูปที่ 2.25) ดังนั้นสำหรับอาคารปรับอากาศความร้อนที่เกิดจากดวงไฟจึงจำเป็นต้องมีตัวคูณ Cooling Load factor หรือ CLF ประกอบ ซึ่งหากอาคารมีการเปิดระบบปรับอากาศเฉพาะในช่วงที่มีการใช้งาน (เปิดแสงประดิษฐ์) ค่า CLF จะมีค่า เท่ากับ 1 (ASHRAE,1997)

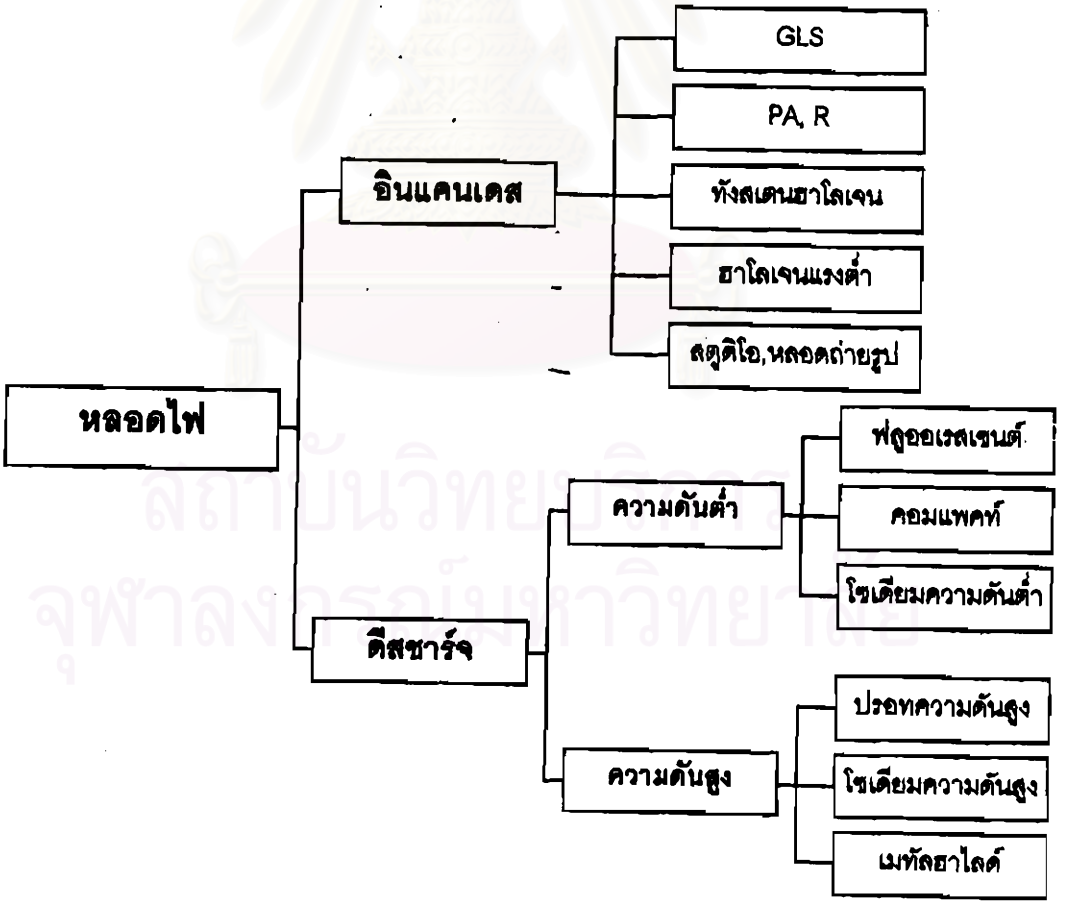


รูปที่ 2.26 รูปแสดงผลของ Thermal Storage ในการเกิด Cooling Load ของดวงโคมแสงสว่าง

(ASHRAE,1997: 28.7)

2.13 แสงประดิษฐ์ : หลอดไฟฟ้า

หลอดไฟฟ้ามีหลายประเภท แต่ละประเภทมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป และเมื่อจะนำไปใช้งานก็จะพิจารณาวัตถุประสงค์ของการใช้งานเป็นหลัก หากแบ่งประเภทของหลอดไฟฟ้าหลักๆจะแบ่งได้ดังนี้



รูปที่ 2.27 ไดอะแกรมแสดงการแบ่งประเภทของหลอด

(ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540:2-5)

2.13.1 **อุณหภูมิสี (Color Temperture)** สีของแสงมักบอกกันด้วยอุณหภูมิสีทำให้สามารถเข้าใจได้ชัดเจนกว่าการบอกด้วยสีทั่วๆไปที่ทำกัน สีที่บอกด้วยอุณหภูมิสีเช่น 3500 เคลวิน หมายถึง สีที่เห็นเมื่อเผาวัตถุดำ (Black Body) ที่อุณหภูมิ 3500 เคลวิน วัตถุดำในที่นี้หมายถึงวัตถุที่มีการดูดซึมความร้อนไปได้ทั้งหมด ซึ่งเมื่อถูกเผาที่อุณหภูมิต่างๆก็จะให้สีต่างๆกัน เช่น (ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ , 2540)

2200 องศาเคลวิน	มีสี	เหลืองจัด	เทียบกับสีของหลอดโซเดียมความดันต่ำ
2500 องศาเคลวิน	มีสี	เหลืองทอง	เทียบกับสีของหลอดโซเดียมความดันสูง
2800 องศาเคลวิน	มีสี	เหลืองอ่อน	เทียบกับสีของหลอดอินแคนเดสเซนต์
3000 องศาเคลวิน	มีสี	เหลืองขาว	เทียบกับสีของหลอดฮาโลเจน
3500 องศาเคลวิน	มีสี	เหลืองแดง	เทียบกับสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดWarm White
4000 องศาเคลวิน	มีสี	ขาวเย็น	เทียบกับสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด Cool White
6500 องศาเคลวิน	มีสี	ขาวปนฟ้า	เทียบกับสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด Daylight

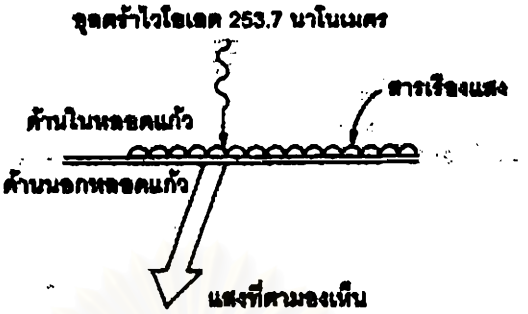
2.13.2 **ประสิทธิผล (Efficacy)** หมายถึงปริมาณแสงลูเมนต่อวัตต์ไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไปให้หลอด หลอดที่มีประสิทธิผลมากก็หมายถึง ให้ปริมาณแสง(ลูเมน)ออกมาต่อวัตต์มาก

2.13.3 **ดัชนีความถูกต้องสี (Color Rendering Index - CRI)** เป็นตัวชี้ให้เห็นว่าสีที่เห็นเมื่อแสงส่องถูกวัตถุจะให้ความถูกต้องสีเป็นอย่างไรดัชนีดังกล่าวเรียกย่อๆตาม CIE ว่า CRI แสงที่มีค่า CRI 20 % หมายถึงเมื่อแสงนั้นส่องถูกวัตถุจะให้ความถูกต้องสีเพียง 20 % เท่านั้น หลอดที่มีค่า CRI สูง เช่น หลอดอินแคนเดสเซนต์ หลอดทังสเตนฮาโลเจน เป็นต้น

ในที่นี้จะกล่าวถึงหลอดไฟฟ้าเพียงหลอดฟลูออเรสเซนต์ และหลอดคอมแพคท์เท่านั้น

2.14 หลอดฟลูออเรสเซนต์

โดยทั่วไปการจุดติดของหลอดฟลูออเรสเซนต์นั้นอาศัยการปล่อยประจุไฟฟ้าระหว่างขั้วหัวและขั้วท้ายของอิเลคโทรด ภายในหลอดแก้วที่บรรจุด้วยก๊าซอาร์กอนและไอปรอทซึ่งมีความดันต่ำ ขณะที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะเกิดการปล่อยประจุในก๊าซ หรือ gas discharge การปล่อยประจุดังกล่าวจะทำให้เกิดรังสีอุลตร้าไวโอเลต โดยการกระตุ้นอะตอมของไอปรอท เนื่องจากการกระแทกของอิเลคตรอนที่ได้รับการปล่อยออกมาจากขั้วอิเลคโทรด รังสีอุลตร้าไวโอเลตนี้จะไปกระตุ้นสารเรืองแสง หรือ phosphor ที่ฉาบไว้ด้านในของหลอดแก้วซึ่งจะเปล่งแสงสว่างในช่วงที่ตามองเห็นออกเป็นสีต่างๆขึ้นอยู่กับสารเรืองแสงที่ฉาบไว้ ส่วนขั้วอิเลคโทรดที่นิยมใช้เพื่อการให้แสงสว่างจะเป็นขั้วแคโทดร้อน

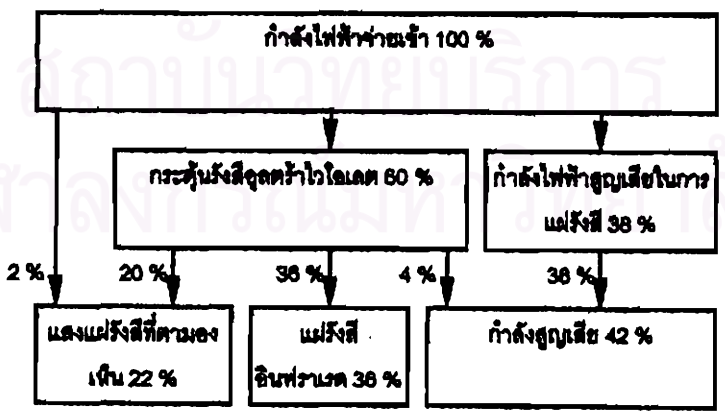


รูปที่ 2.28 รูปแสดงรังสีอุลตร้าไวโอเลตกระตุ้นสารเรืองแสงที่ฉาบอยู่ด้านในหลอดทำให้เกิดแสงที่ตามองเห็น

(ธนบูรณ์ ศิริภาณุเดช:72)

<u>คุณลักษณะและขีดความสามารถของหลอดฟลูออเรสเซนต์</u>

<u>การกระจายพลังงาน</u> จากกำลังไฟฟ้าที่ป้อน 100 เปอร์เซนต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์จะให้แสงแม่รังสีที่ตามองเห็น 22 เปอร์เซนต์ ดังรูปที่ 2.29

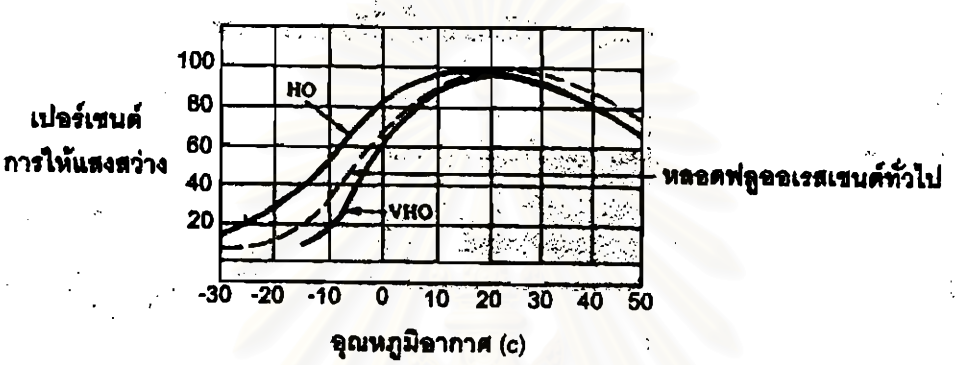


รูปที่ 2.29 รูปแสดงการกระจายพลังงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์

(ธนบูรณ์ ศิริภาณุเดช: 91)

ผลของอุณหภูมิ หลอดฟลูออเรสเซนต์จะทำงานได้ประสิทธิภาพสูงสุดเมื่ออุณหภูมิโดยรอบประมาณ 20 °C แต่ถ้าอุณหภูมิโดยรอบต่ำ ความดันของไอปรอทจะลดลง และกำลังงานที่ผลิตรังสีอุลตร้าไวโอเลตต่ำลงเป็นสาเหตุให้แสงสว่างลดลง (รูปที่ 2.29) ในขณะเดียวกันถ้าอุณหภูมิสูงก็จะผลิตความยาวคลื่นใกล้กับช่วงคลื่นที่ตามองเห็น ทำให้ผลิตรังสีอุลตร้าไวโอเลตลดลง แสงก็ลดลงด้วยเช่นเดียวกัน

ผลของความชื้น การจุดติดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ต้องอาศัยประจุไฟฟ้าสถิตรอบๆภายนอกหลอดแก้ว ความชื้นของอากาศภายนอกที่สูงกว่า 65 เปอร์เซนต์ ทำให้หลอดติดยาก



รูปที่ 2.30 รูปแสดงผลของอุณหภูมิต่อปริมาณแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่วไปประเภทให้แสงมาก (HO) และให้แสงมากที่สุด (VHO)

(ธนบูรณ์ สิริภาณุเดช, 2533: 91)

2.15 หลอดคอมแพคท์ฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent Lamp:CFL)

ใช้หลักการเดียวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์แต่เป็นหลอดที่ย่อขนาดตัวบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ให้มีขนาดกระทัดรัดลง การใช้หลอด CFL จะประหยัดมากเมื่อเทียบกับหลอดไส้ (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน,เอกสารเผยแพร่:หลอดฟลูออเรสเซนต์) แต่จะไม่ประหยัดไปกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ (18/36 W)ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป เพราะถูกออกแบบมาเพื่อใช้ทดแทนหลอดไส้ หรือหลอดอินแคนเดสเซนต์ที่กินไฟมาก หลอด CFL มี 2 ประเภทคือชนิดที่มีบัลลาสต์ สตาร์ทเตอร์ในตัวหลอด หรือหลอด SL และประเภทที่ต้องใช้บัลลาสต์ติดตั้งภายนอก เช่นหลอดตะเกียบ หรือหลอด PL

อย่างไรก็ตามหลอดดังกล่าวก็ไม่สามารถมาทดแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ได้ทั้งหมด เพราะ ความต้องการหลอดอินแคนเดสเซนต์ยังมีมาก เนื่องมาจากค่า CRI ที่สูงและสามารถหรี่ (dim) ได้และราคาหลอดอินแคนเดสเซนต์ก็ยังถูกอยู่มาก การหรี่หลอดคอมแพคท์ในปัจจุบันสามารถทำได้ถ้าหากใช้สวิตช์ไฟหรี่โดยเฉพาะและหลอดที่ใช้ต้องเป็นหลอดบัลลาสต์อิเลคโทรนิกส์เท่านั้น (ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ,2540)

2.16 มาตรฐานระดับการส่องสว่าง

ในการกำหนดระดับการส่องสว่างสำหรับการใช้งานต่างๆกันนั้น มีการกำหนดโดยหน่วยงานแต่ละแห่ง เช่น IES (USA) IES (BS) เป็นต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้สอย และสภาพอากาศ ดังนั้นค่าที่กำหนดอาจมีความแตกต่างกัน ส่วนมาตรฐานที่กำหนดเป็นมาตรฐานสากลไม่ขึ้นกับประเทศใดประเทศหนึ่งได้แก่ CIE (International Commission on Illumination) CIE กำหนดความสว่างออกเป็น 3 ค่าโดยใช้ค่ากลางเป็นค่าเฉลี่ย ส่วนอีก 2 ค่าใช้ในกรณีอื่นๆ คือ อาจใช้ค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยขึ้นอยู่กับสภาพต่างๆ เช่น

- ถ้าการสะท้อนแสงของพื้นผิว หรือความเปรียบต่างต่ำกว่าปรกติให้ใช้ความส่องสว่างมากขึ้น
- ถ้าความผิดพลาดเนื่องจากการมองอาจทำให้เกิดปัญหาร้ายแรง หรือเสียหายมากก็ให้ใช้ค่าความส่องสว่างในตารางมากขึ้น
- ถ้าการมองวัตถุใช้เวลาสั้นมาก ก็ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น
- ถ้าบริเวณพื้นที่ที่กำลังพิจารณาไม่มีหน้าต่าง ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น
- ถ้าผู้ที่ใช้งานบริเวณที่กำลังพิจารณาเป็นผู้สูงอายุ ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 ตารางเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES(USA) ตามประเภทการใช้งาน

พื้นที่ใช้งาน (ก)	CIE (lx)	IES (lx)	พื้นที่ใช้งาน (ข)
ทางเดิน,พื้นที่ทำงานภายนอก	20 - 30 - 50	20 - 30 - 50 (a)	Public spaces with dark Surrounding
ทางเดินภายในและการแวะผ่านระยะสั้น	50 - 75 - 100	50 - 75 - 100 (a)	Simple orientation for shot temporary visits
ห้องที่ไม่ได้ใช้งานแบบต่อเนื่องเป็นเวลานาน	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200 (a)	Working space where visual tasks are only occasionally performed
งานที่ใช้สายตาไม่มาก เช่น โรงงาน งานชิ้นใหญ่	200 - 300 - 500	200 - 300 - 500 (b)	Performance of visual tasks of high contrast or Large size
งานที่ใช้สายตาปานกลาง เช่นสำนักงาน	300 - 500 - 750		
งานที่ใช้สายตามาก เช่นการเขียนแบบ	500 - 750 - 1000	500 - 750 - 1000 (b)	Performance of visual tasks of medium contrast or Small size
งานที่ใช้สายตามากๆเช่น การประกอบชิ้นส่วน	750 - 1000 - 1500		
งานที่ใช้สายตามากเป็นพิเศษ	1000 - 1500 - 2000	1000-1500-2000 (b)	Performance of visual tasks of low contrast or Very small size
งานที่ใช้สายตาพิถีพิถัน เช่น การผ่าตัด	มากกว่า 2000	2000-3000-5000 (x)	Performance of visual tasks of low contrast and very small size ,Prolonged period
		5000-7500-10000 (x)	Performance of very prolonged and exacting visual tasks
		10000 up (x)	Performance of very special visual tasks of extremly low contrast and small size

(ก) : (จำนงค์ ทองเกียรติ, 2540 :1-6)

(ข) : (IES. Reference Volume, 1983:A3)

นอกเหนือจากการกำหนดระดับการส่องสว่างเป็น ลักซ์ หรือ ฟุตแคนเดิล แล้ว การกำหนดระดับการส่องสว่างยังสามารถกำหนดมาตรฐานเป็นค่า Daylight Factor โดยกำหนดเป็นเปอร์เซนต์ (%)

ตารางที่ 2.4 ตารางเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES(USA) และมาตรฐานการกำหนดค่า DAYLIGHT FACTOR ตามประเภทการใช้งาน (บางส่วน)

พื้นที่ใช้งาน	ค่าการส่องสว่าง (lx) ตามมาตรฐาน CIE (ก)	ค่าการส่องสว่าง (lx) ตามมาตรฐาน IES (ข)	ค่า Daylight Factor (%),(ค)		
			เฉลี่ย	ต่ำ	จุดที่วัด
อาคารทั่วไป					
ทางเดิน	50 - 100 - 150	50 - 75 - 100	2	0.6	พื้น
บันได - บันไดเลื่อน	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200	2	0.6	ลูกนอน
ที่เก็บของ , ห้องเก็บของ	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200	1.5	0.5	work plane
ห้องน้ำ	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200	1.5	0.5	work plane
สำนักงาน					
พื้นที่ทั่วไป , พิมพ์ดีด , คอมพิวเตอร์	300 - 500 - 750	500 - 750 - 1000	5	2.5	work plane
เขียนแบบ	500 - 750 - 1000	500 - 750 - 1000	5	2.5	work plane
ห้องประชุม	300 - 500 - 750	200 - 300 - 500			
โถงทางเข้า		100 - 150 - 200	2	0.6	work plane
ห้องสมุด					
หิ้งหนังสือ	150 - 200 - 300	200 - 300 - 500	5	1.5	vertical
โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 500 - 750	200 - 300 - 500	5	1.5	work plane
เคาน์เตอร์	200 - 300 - 500	200 - 300 - 500	5	2	work plane
ห้องประชุม					
เอนกประสงค์	150 - 200 - 300	200 - 300 - 500	5	2.5	work plane

(ก): (ชำนาญ ห่อเกียรติ,2540:1-6)

(ข) : (IES.Reference Volume,1983)

(ค) (BSI Draft for Development : 73 อ้างถึงใน The Chartered Institution of Building Services Engineers London,.1987:31).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.17 ประสิทธิภาพในการมองเห็น

นอกจากการประหยัดพลังงานแล้ว เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่า การออกแบบระบบส่องสว่างในปัจจุบันนั้น มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้อาคารเกิดความสบายในการใช้สายตา (Visual Comfort) และมีประสิทธิภาพในการมองเห็น (Visual Performance) ที่ดี ซึ่งตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการมองเห็น ได้แก่ (Rush, 1986)

1. ระดับความส่องสว่างของงานและสภาพแวดล้อม (Ambient and Task Lighting)
2. ความเปรียบต่าง หรือ อัตราส่วนความต่างของความจ้า (Contrast and Brightness Ratio)
3. ดัชนีความถูกต้องสี (Color Rendition)
4. องค์ประกอบของผู้ใช้อาคารและการควบคุมระบบส่องสว่าง

ดังนั้นสิ่งที่ผู้ออกแบบจำเป็นต้องคำนึง ย่อมมิใช่ระดับความส่องสว่าง (Illumination Level) เพียงอย่างเดียวอย่างที่เคยเป็นมา แต่ต้องครอบคลุมตัวแปรทั้งหมด

2.17.1 <u>ระดับความส่องสว่าง</u> ขึ้นกับ ระดับความสว่างของแสงประดิษฐ์ , แสงธรรมชาติ, ผลที่เกิดจากลักษณะพื้นผิวและสี ระดับแสงสว่างนี้มีหน่วยวัดเป็น footcandle หรือ fc โดยปริมาณของแสงมีตั้งแต่ 1 fc จนถึงเกินกว่า 1,000 fc สำหรับแสงประดิษฐ์ และตั้งแต่ 500 fc (overcast sky) ถึง 10,000 fc สำหรับแสงธรรมชาติ โดยมาตรฐานความต้องการระดับความส่องสว่างแตกต่างกันไปตามลักษณะการประกอบกิจกรรม (ตารางที่ 2.3) ส่วนแสงสะท้อนหรือความสว่างจะวัดออกมาในหน่วย footLambert ซึ่งดวงตามนุษย์สามารถรับรู้ได้ ตั้งแต่ 0.0001 fL. ถึง 450 MB fL. (Rush, 1986)

2.17.2 <u>ความเปรียบต่าง หรือ อัตราส่วนความต่างของความจ้า</u> เป็นความแตกต่างของปริมาณแสงใน 2 พื้นที่ที่อยู่ติดกันในมุมมองของสายตาที่เห็น (Field of view) ความเปรียบต่าง หรือ อัตราส่วนความต่างของความจ้าที่เหมาะสมสามารถทำให้เกิดความรู้สึกสนใจได้ แต่ความเปรียบต่างที่มากเกินไปก็จะทำให้เกิดความระคายเคืองต่อสายตา หรือการมอง (Glare) ตามปกติดวงตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ชัดเจนถ้า ความเปรียบต่างมีค่า 2: 1 เป็นอย่างต่ำ และ 40: 1 เป็นอย่างมาก โดยระดับความเปรียบต่างนั้นขึ้นกับสี , ค่าการสะท้อน , สภาพแวดล้อมและระดับความส่องสว่าง เพื่อให้เกิด Contrast หรือ Brightness ที่เหมาะสม การออกแบบจึงต้องคำนึงถึงตำแหน่งแหล่งกำเนิดแสง , ตัวกรองแสง และการเลือกพื้นผิวของผนังและวัสดุของระนาบการทำงานที่มีสีและค่าการสะท้อนที่เหมาะสม

นอกจาก ความเปรียบต่าง หรือ อัตราส่วนความต่างของความจ้า (Contrast and brightness ratio) แล้ว สิ่งที่สามารถนำมาพิจารณาได้อีกอย่างหนึ่ง คือ ค่า Daylight Factor (DF) ซึ่งนอกจากสามารถใช้วัดปริมาณแสงที่ส่องมาถึงจุดใช้งานภายในอาคาร และเป็นตัวบ่งบอกความสว่างภายในแล้ว ขณะเดียวกันยังบ่งบอกถึงระดับ Visual Comfort หรือ Visual Discomfort ซึ่งเป็นผลจาก ความเปรียบต่างของท้องฟ้าสว่างภายนอกที่มองเห็นผ่านช่องเปิด และระดับความสว่างภายในอาคาร ซึ่งยิ่งภายในอาคารมีความสว่างมากขึ้น ความระคายเคืองต่อสายตา (Glare) จากการมองท้องฟ้าภายนอกก็จะลดลง

2.17.3 **ดัชนีความถูกต้องสี** เป็นปัจจัยสำคัญในการส่องสว่างภายในอาคารบางประเภท เช่น พิพิทธภัณฑ์ , Fasion Store และ บริษัทโฆษณา โดยจะมี Color Rendering Index (CRI) เป็นตัวชี้ให้เห็นถึงความแม่นยำในการมองเห็นสีของแหล่งกำเนิดแสง เช่น ค่า CRI ที่ 100 แสดงว่ามองเห็นสีได้อย่างถูกต้อง ไม่ผิดเพี้ยน หรือ ค่า CRI ที่ 90 แสดงให้เห็นว่าความแม่นยำในการเห็นสีมีน้อยลง ในขณะที่ตำแหน่ง ,ลักษณะหลอดไฟ และการติดตั้งเป็นปัจจัยสำคัญของการออกแบบการส่องสว่าง และสร้าง Contrast Ratio ที่เหมาะสม ชนิดของแหล่งกำเนิดแสงก็คือปัจจัยสำคัญของ Color Rendition โดยแสงธรรมชาติเป็นแสงที่ให้ค่า Color Rendition ที่ดีและสมบูรณ์ที่สุด ส่วนแสงประดิษฐ์นั้น มีหลอดไฟไม่กี่ชนิดที่มีค่า CRI มากกว่า 85

2.17.4 **องค์ประกอบของผู้ใช้อาคาร** อายุ หรือ ความบกพร่องของสายตา เป็นตัวจำกัดขอบเขตในการมองเห็น เนื่องจากเกี่ยวพันกับประสิทธิภาพในการปรับสายตา

จากที่กล่าวไปแล้วข้างต้นจะเห็นว่า การนำแสงธรรมชาติมาใช้นอกจากจะมีประโยชน์จากการช่วยประหยัดพลังงานแล้ว แสงธรรมชาติยังมีความเหมาะสมในด้านปริมาณ ที่เอื้ออำนวยต่อระดับความส่องสว่างและการปรับอัตราส่วนความต่างของความจ้า อีกทั้งเป็นแสงที่ให้ความแม่นยำในการมองเห็นสีที่ดีที่สุดด้วย

2.18 ผลกระทบของรูปทรงต่อการส่องสว่าง

การกระจายตัวของการส่องสว่างในพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจะได้รับอิทธิพลจากรูปทรงของพื้นที่นั้นๆ ซึ่งแตกต่างกันไปแต่ละรูปแบบ โดยลักษณะการกระจายของแสงธรรมชาติใน Atrium รูปทรงต่างๆสามารถทำการเปรียบเทียบด้วยการวัดแบบ Grid System ที่มีการแบ่งตำแหน่งที่ทำการวัดให้มีระยะห่างระหว่างจุดเท่าๆกัน (Lui, 1993)

ลักษณะของอัตราส่วนในเชิงเรขาคณิต

แนวทางศึกษาถึงผลกระทบของรูปทรงต่างๆที่มีต่อลักษณะการกระจายของแสงธรรมชาติใน Atrium โดยอาศัยสัดส่วนในเชิงเรขาคณิตที่นิยมใช้ ได้แก่ สัดส่วนของความกว้างต่อความสูง - W/H (Aschehoug, 1986 อ้างถึงใน Lui, 1993) สัดส่วนของความสูงต่อความยาว – H/L (Cartwright, 1986 อ้างถึงใน Lui, 1993) สัดส่วนของความสูงต่อพื้นที่ – H/Area (Cartwright, 1985 อ้างถึงใน Lui, 1993) สัดส่วนของความสูงต่อความกว้าง – H/W (Robbins, 1986 อ้างถึงใน Lui, 1993) Well Index – WI (Kim, 1987 อ้างถึงใน Lui, 1993) และ Room Index of Atrium – Kr (Saxon, 1986) แต่อย่างไรก็ดี ไม่มีแบบใดที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย

Well Index (WI) เป็นแนวทางต้นๆของอัตราสัดส่วนที่ถูกนำมาใช้กับ Skylight-lightwell System ที่คำนึงถึงผนัง ว่าเป็นแหล่งกำเนิดแสงด้วยชนิดหนึ่ง มีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของช่องโล่งที่ลึกลงไปของ Atrium (Well- ใช้คำว่า Well จากนี้ไป) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

Well Index = Well Height * [Well Length + Well Width]/ 2*Well Length* Well Width

=[1/2] * [H * (L + W) / L * W] (35)

Room Index of Atrium (Kr) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

Kr = Atrium Length * Atrium Width / Atrium Height * [Atrium Length + Atrium Width]

= L * W / [L + W] * H (36)

เมื่อทำการเปรียบเทียบ Well Index (WI) กับ Room Index of Atrium (Kr) จะพบว่า

Kr = 1 / 2*WI (37)

ความสัมพันธ์ระหว่าง Kr และ WI อาจสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง Kr และ WI

Kr	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
WI	2.5	1.25	1.0	0.833	0.625	0.5	0.42	0.375

(Lui,1993: 37)

นอกเหนือจากนี้ ยังมีอัตราส่วนแรงเรขาคณิตอีก 2 รูปแบบที่สามารถนำมาใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ประมาณการณ์การกระจายค่าความส่องสว่าง คือ สัดส่วนของผังพื้น หรือ Plan Aspect Ratio (PAR) และสัดส่วนของรูปตัด หรือ Section Aspect Ratio (SAR) โดยเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

PAR = W / L (38)

SAR = H / W (39)

โดยที่ W คือ Atrium Width

L คือ Atrium Length

H คือ Atrium Height

2.19 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.19.1 **ผลกระทบของช่องแสงด้านบนและมวลสารของผนังต่อแสงสว่างและความเย็นในอาคารที่มี Atrium ในภูมิอากาศแบบอบอุ่น** (Daylighting and Cooling of Atrium Buildings in Warm Climates : Impact of the Top Fenestration and Wall Mass Area) โดย Morad Rachid ATIF (1992) ซึ่งกล่าวว่า แสงแดดมีผลต่อความงามภายใน Atrium ขณะเดียวกันก็ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการทำความเย็น นั่นคือ การเพิ่มพื้นที่กระจกแม้จะลดภาระด้านไฟฟ้าแสงสว่าง แต่ก็เป็นการเพิ่มภาระการทำความเย็น ผู้วิจัยสันนิษฐานว่า การเพิ่มมวลของผนังใน Atrium จะช่วยลดอุณหภูมิที่สูงภายใน Atrium ลงได้ เป็นการลดภาระการทำความเย็นได้ทางหนึ่ง กล่าวโดยสรุป การวิจัยนี้ มีจุดประสงค์เพื่อหาผลกระทบของช่องแสงด้านบน (Top Fenestration) มวลสารและค่าการสะท้อนของผนัง ที่มีต่อการทำความเย็นและประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติ ภายใน Atrium ที่อยู่ในภูมิอากาศแบบอบอุ่น และเพื่อหารูปแบบของช่องแสงด้านบนที่เหมาะสมต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีภาระการทำความเย็นต่ำ

ระเบียบวิธีวิจัย ด้านแสงสว่าง ใช้หุ่นจำลองทดสอบภายในห้องจำลองสภาพท้องฟ้า แล้ววัดระดับความส่องสว่าง ส่วนการพิจารณาค่าการสะท้อนแสงของผนังอาศัยวิธีการคำนวณ ส่วนการศึกษาด้านภาระการทำความเย็นคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ TRNSYS 13.1 ตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่

1. ลักษณะของช่องแสงด้านบน มี 2 ลักษณะ คือ ช่องแสงในระนาบนอน (Horizontal Fenestration) และ

ช่องแสงในระนาบตั้ง (Vertical Fenestration) โดยหันประตะด้านทิศใต้

2. ความสูง และรูปร่าง Atrium พิจารณา Atrium สูง 2 และ 4ชั้น แต่ละระดับความสูงมีรูปร่าง Atrium ภาย

ในเป็นแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสและแบบที่เป็นแนวยาว

3. ผนังภายใน Atrium มี 2 ชนิด คือ ผนังโครงเคร่าทั่วไป และผนังคอนกรีตหนัก ทดสอบเป็นเปอร์เซ็นต์ถึงผลกระทบของพื้นที่ต่อความทึบ

ผลของการศึกษาผู้วิจัยพบว่า

- เมื่อเพิ่มพื้นที่กระจกด้านบน ภาระด้านไฟฟ้าแสงสว่างลดลง แต่ภาระการทำความเย็นเพิ่มขึ้น
- ระดับแสงสว่างใน Atrium มีผลสืบเนื่องมาจากประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของผนังภายใน
- มวลสารของผนังใน Atrium มีนัยสัมพันธ์กับอุณหภูมิภายใน Atrium โดยเมื่อมีการเพิ่มมวลสารจะทำให้

ระดับอุณหภูมิสูงสุด (Max Temperature) ช่วงความต่างอุณหภูมิ (Temperature Range) และภาระการทำความเย็นลดลง ผลกระทบของมวลสารที่มีต่อระดับอุณหภูมินี้จะมีผลกับช่องแสงระนาบนอนมากกว่าช่องแสงในระนาบตั้ง

- ผลของมวลผนังมีความสำคัญกับ Atrium ส่วนล่าง นั่นคือผนังในส่วนนี้ควรเป็นผนังที่มีมวลสารมากนั่นเอง
- การลดขนาดพื้นที่กระจกลง 50 %สำหรับช่องแสงระนาบตั้งที่หันปะทะทิศใต้ จะช่วยลดภาระการทำความเย็นมากกว่าการเพิ่มมวลผนัง 7 เท่า
- ผลของการศึกษาและวิเคราะห์นี้เป็นผลรวมมาจากผลของช่องแสงด้านบนและมวลของผนังใน Atrium ที่มีอุณหภูมิภายในสูงสุด

2.19.2 **ระบบพลังงานในการออกแบบ Atrium** (An Energy Information System for Atrium Design) โดย Ida Hedvig Bryn (1992) ในประเทศนอรเวย์ ที่ศึกษาถึงการใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณและออกแบบ Atrium โดยเฉพาะการออกแบบให้ Atrium อยู่ในสภาวะน่าสบายและประหยัดพลังงานสำหรับประเทศนอรเวย์

2.19.3 **การศึกษาอาคารที่ทำความร้อนโดยวิธีธรรมชาติเพื่อการประหยัดพลังงาน** (Energy Saving and Thermal Climate in Passive Solar Heated Buildings) โดย Jacobson Terje (1989) ในประเทศนอรเวย์ มีจุดประสงค์เพื่อหาแนวทางในการออกแบบ Atrium เพื่อการทำความร้อนโดยวิธีธรรมชาติสำหรับอาคารในประเทศนอรเวย์ โดยเจาะจงศึกษาเรื่องทิศทางการเปียงเบนของแสงแดดและพื้นที่รับแดด รวมถึงเรื่องของกระจกที่คลุมหลังคา Atrium ในอาคารพาณิชย์ต่างๆ

ระเบียบวิธีวิจัยใช้การศึกษาจากหุ่นจำลองเปรียบเทียบกับการวัดจากอาคารจริง ในส่วนที่มีการใช้หุ่นจำลองเป็นการศึกษาถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำความร้อนแก่อาคารโดยวิธีธรรมชาติและทดลองวิธีที่เหมาะสมในหลายๆรูปแบบเพื่อให้ทราบถึงหลักการของการทำความร้อนแก่อาคารโดยวิธีธรรมชาติแต่ละรูปแบบ ส่วนการวัดจากอาคารจริงเป็นการวัดเพื่อประเมินผลการทำความร้อนแก่อาคารโดยวิธีธรรมชาติของอาคารที่มีอยู่เดิม เนื้อหาของวิทยานิพนธ์แบ่งออกเป็น 7 ส่วน คือ

1. การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวกับลักษณะการวางกระจกที่ใช้คลุม Atrium โดยการรับรังสีแสงแดดเฉพาะในสภาพอากาศของประเทศนอรเวย์
2. การประเมินอาคารที่มีการทำความร้อนโดยวิธีตามธรรมชาติ ซึ่งมีข้อมูลเกี่ยวกับผลการทดลองของบ้านที่มีการทำความร้อนโดยวิธีตามธรรมชาติที่ผ่านมา
3. การวัดและทำการทดลอง เรื่องทิศทางการเปียงเบนของแสงแดดและพื้นที่รับแดดเพื่อการทำความร้อนโดยวิธีตามธรรมชาติสำหรับประเทศนอรเวย์ โดยทดลองทำความร้อนโดยวิธีการต่างๆและจำลองสภาพสถานการณ์การเปรียบเทียบ เพื่อให้ทราบถึงผลของการแผ่รังสีแดดที่มีผลกระทบต่ออาคาร
4. การวัดอุณหภูมิและอัตราการถ่ายเทอากาศใน Atrium ที่คลุมด้วยกระจก ปราศจากการใช้เครื่องจักรกลช่วยในการถ่ายเทอากาศโดยเป็นการเปรียบเทียบอาคารจริงที่ทำการวัดกับหุ่นจำลองภายใต้สภาวะเดียวกัน
5. การศึกษาหุ่นจำลองแบบปิด ภายใต้ผลกระทบอย่างรุนแรงของความร้อน
6. การศึกษาถึงผลกระทบของพลังงานความร้อนตลอดปีโดยวิธีการคำนวนและแสดงผล

7. การศึกษาถึงผลกระทบของความร้อนที่มีในตอนกลางคืน และปริมาณความร้อนที่อาคารต้องการในการทำความร้อน

2.19.4 **อุณหภูมิและลักษณะการแบ่งชั้นความร้อนของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ** (Temperature Profile and Load Distribution in Stratifile System Air Conditioning as A Function of Load Characteristics) โดยMohamed Sassi (1981) ที่ศึกษาเรื่องอุณหภูมิและลักษณะการแบ่งชั้นความร้อนของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ รวมถึงอัตราการระบายความร้อน ผู้วิจัยกล่าวว่า การสรุปและคาดการณ์ที่แม่นยำถึงการแบ่งชั้นความร้อนในอาคารเพดานสูงที่มีระบบปรับอากาศเป็นไปได้ยาก เพราะมีตัวแปรหลากหลายเกินไป การสรุปอาจใช้วิธีการคำนวนทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบร่วมกับผลการทดลองโดยอาศัยคอมพิวเตอร์ออกมาเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ แต่ค่าที่ได้ก็เป็นเพียงอุณหภูมิภายในเท่านั้น

2.19.5 **การศึกษาผลของชั้นความร้อนในโถงที่มีความสูงโดยใช้หุ่นจำลอง** (A Study of Stratification in Atrium Using Scale Model Simulation) โดย ไพบูลย์ รักษาสุทธิพันธ์ (2537) ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมชิงชั้นความร้อนภายใน Atrium ที่ไม่มีระบบปรับอากาศ และเพื่อหาแนวทางในการออกแบบแก้ไขชั้นความร้อนที่เกิดขึ้นภายใน Atrium โดยศึกษาอิทธิพลของตัวแปร 5 ตัว คือ อุณหภูมิภายนอก ตำแหน่งความสูงของจุดต่างๆภายในโถง ค่ารังสีแสงอาทิตย์ ขนาดช่องเปิดระบายอากาศ (กำหนดไว้ที่ตำแหน่งบนและล่าง) และความหนาแน่นของมวลสารที่เป็นวัสดุภายในโถง แบ่งเป็นอิฐและวัสดุมวลเบา

ระเบียบวิธีวิจัยอาศัยการใช้หุ่นจำลองที่มีความกว้างภายใน 1.00 เมตร * 1.00 เมตร * 4.00 เมตร ทำการวัดค่าอุณหภูมิภายใน Atrium ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆ รวมทั้งค่าอุณหภูมิที่ผิววัสดุ โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ Thermo Couple และใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์สถิติ SPSS-PC+ ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณและวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของตัวแปร ผลการวิจัยสรุปเป็นสมการคาดการณ์ของอุณหภูมิภายใน Atrium ซึ่งมีความสัมพันธ์กับตัวแปรทั้ง 5 ตัว ที่ทำการศึกษา หรืออาจกล่าวเป็นเนื้อความดังนี้

1. ผนังมวลมากจะมีความแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิ (Temperature Swing) ใน 24 ชั่วโมงของวันน้อยกว่าผนังเบา คือ พบว่าอุณหภูมิของผนังมวลมากมีการแปรเปลี่ยนค่อนข้างน้อย ขึ้นลงอย่างช้าๆ ตรงข้ามกับผนังมวลเบา ที่มีการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิอย่างมากและรวดเร็ว คือ ช่วงกลางวันจะร้อนมากและมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่วนตอนกลางคืนอุณหภูมิก็จะลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน ผู้วิจัยจึงสรุปว่าควรเลือกใช้วัสดุภายในเป็นวัสดุที่มีมวลมาก เพื่อลดช่วงกว้างของการแปรเปลี่ยนอุณหภูมิภายใน

2. อัตราการเปิดช่องระบายอากาศมีผลทำให้อุณหภูมิภายใน Atrium ลดลงได้โดยเป็นการแปรผันตรงกับอัตราส่วนช่องเปิด คือ เมื่อเพิ่มพื้นที่ช่องเปิดจาก 10 % เป็น 20 % ของหน้าตัดหน่วยทดสอบ จะทำให้อุณหภูมิภายใน Atrium ลดลง 1.30 องศาเซลเซียส ผู้วิจัยจึงสรุปว่าเมื่อมีการเปิดช่องระบายอากาศมากขึ้นจะเป็นการแก้ปัญหาความร้อนภายใน Atrium ที่ไม่มีการปรับอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติที่ดีและประหยัด

3. ความสูง โดยทั่วไป ณ ตำแหน่งที่มีความสูงมากกว่าจะมีอุณหภูมิสูงกว่าตำแหน่งที่สูงรองลงมา คือ ส่วนบนจะร้อนกว่าส่วนล่างอย่างเป็นลำดับ

4. อุณหภูมิภายใน Atrium แปรผันตามความเข้มค่ารังสีแสงอาทิตย์ คือ ช่วงที่มีความเข้มของแดดมาก ค่ารังสีแสงอาทิตย์สูง อุณหภูมิภายใน Atrium ก็จะสูงตามไปด้วย

5. อุณหภูมิภายนอกเป็นตัวแปรสำคัญตัวหนึ่งที่มีผลต่ออุณหภูมิภายใน Atrium โดยอุณหภูมิภายในจะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกยกเว้นตอนกลางคืนและตอนเช้าตรู่ และอุณหภูมิภายใน ณ ตำแหน่งสูงสุดของผนังมวลเบาซึ่งมีคุณสมบัติในการคายความร้อนที่ดี จะมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าอย่างรวดเร็ว

2.19.6 <u>การศึกษาเรื่องการให้แสงธรรมชาติโดยช่องแสงด้านบนด้วยวิธี Lumen Method</u> (A Study of The Lumen Method for Daylighting from Overhead Aperture) โดย Manoj Joshi , Asian Institute of Technology (1997) เป็นการศึกษาการให้แสงธรรมชาติผ่านทางช่องแสงด้านบน ที่มีลักษณะต่างๆกันเพื่อหาแนวทางเลือกในการออกแบบที่เหมาะสม โดยใช้วิธี Lumen Method เป็นพื้นฐานในการคำนวณระดับความส่องสว่าง และใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสภาพแสงที่ได้จาก Skylight รูปแบบต่างๆ และมีการเก็บข้อมูลของอาคารจริงบางแห่งที่มีการใช้ช่องแสงด้านบนเปรียบเทียบกับการคำนวณแบบ Lumen Method เพื่อทดสอบความแม่นยำของการทำนายโดยการคำนวณด้วยด้วย

การวิจัยมีจุดประสงค์ ดังนี้

- เพื่อศึกษาการนำแสงธรรมชาติและ Skylight มาใช้ ใน Atrium
- เพื่อหาวิธีการในการคำนวณค่าที่จะทำการวัดผลที่มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้
- เพื่อศึกษาการคำนวณแบบ Lumen Method ที่ใช้คำนวณระดับความส่องสว่างและค่าที่จะทำการวัดผลอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการนำแสงธรรมชาติจากช่องแสงด้านบนมาใช้
- เพื่อศึกษาปัญหาหรือข้อสงสัยในการออกแบบช่องแสงด้านบน และการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อตอบคำถามเหล่านั้น
- เพื่อศึกษาการนำแสงธรรมชาติมาใช้ใน Atrium

ผู้วิจัยสรุปว่าในการออกแบบ Atrium นั้นสิ่งที่นำมาพิจารณาเป็นพื้นฐานในการออกแบบได้แก่

1. ระดับของค่า DF ที่ต้องการ โดยกำหนดจากปริมาณแสงธรรมชาติที่ได้รับและระดับความส่องสว่างที่ต้องการ เช่น ระดับความส่องสว่างที่เพียงพอลักษณะการมองที่ดีสำหรับผู้ใช้อาคาร (DF 5% - 10%) สำหรับต้นไม้ (DF 5% - 40%) หรือเพื่อส่งเสริมการทำกิจกรรมของพื้นที่ที่ติดกัน (DF มากกว่า 40%)

2. สัมประสิทธิ์การส่งผ่านแสง กำหนดจากค่าการส่งผ่านแสงแดดที่ต้องการซึ่งจะแปรผันโดยตรงกับลักษณะโครงสร้าง การเลือกใช้กระจก ทิศทางของดวงอาทิตย์ และการบังเงา

3. ลักษณะช่องโล่งของ Atrium (Well Index) โดยต้องพิจารณาถึง สัดส่วนด้านกว้างต่อด้านยาวของผังพื้น ความลึกของ Atrium และค่าสะท้อนแสงภายใน

จากนั้นจึงกำหนดตัวแปรที่ทำการศึกษาได้แก่ สัดส่วนด้านกว้างต่อด้านยาวของผังพื้น แบ่งเป็นผังรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความลึกของ Atrium ซึ่งจะเป็นปัจจัยที่มีผลมากที่สุด ค่าสะท้อนแสงภายในลักษณะสิ่งปกคลุม Atrium แบ่งเป็นช่องแสงแบบ Clerestories ที่หันด้านทิศเหนือและทิศใต้ และช่องแสงในแนวระนาบ ลักษณะ Atrium ที่ทำการพิจารณามี 2 รูปแบบ คือ แบบช่องแสงด้านบนและแบบช่องแสงด้านข้าง และในการวิจัยนี้กำหนดให้มีค่าส่งผ่านแสง 100 % โดยผลการวิจัยสรุปออกมาเป็นสมการที่ทำนายผลออกมาเป็นค่า DF

สำหรับการวิเคราะห์ด้านพลังงานเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการออกแบบ Skylight ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้อาศัยโปรแกรม AAMASKY1 ซึ่งจัดทำโดย The American Architectural Manufacturers Association

รูปแบบหลังคาของ Atrium ลักษณะต่างๆถูกรวมไว้ในการศึกษาครั้งนี้ด้วย รูปแบบหลังคาของ Atrium นั้นนอกจากจะเป็นตัวกำหนดการผ่านของปริมาณแสงที่เข้ามาภายใน Atrium แล้ว ยังเป็นตัวควบคุมทิศทางของแสงอีกด้วย ซึ่งโดยปกติมีจุดประสงค์เพื่อนำแสงกระจายจากท้องฟ้าเข้ามาให้ได้มากที่สุดและพยายามจำกัดการเข้ามาของแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ที่เป็นสาเหตุของแสงบาดตาและความร้อน ระเบียบวิธีวิจัยในส่วนนี้อาศัยหุ่นจำลองที่เป็นตัวแทน Atrium สูง 9 ชั้น มีค่าการสะท้อนแสงภายใน 86% และทำการทดลองภายในห้องจำลองสภาพท้องฟ้า โดยทำการวัดภายใต้เงื่อนไขสภาพท้องฟ้าแบบ Overcast Sky Clear Sky และ Direct Sun ตำแหน่งที่วัดเพื่อหาค่า DF คือ บริเวณกึ่งกลางของ Atrium ซึ่งเป็นจุดที่สว่างที่สุด และลดต่ำลงที่บริเวณริมของ Atrium

ในการทดลองเก็บข้อมูลค่าการส่องสว่างจากอาคารจริง ซึ่งในที่นี้ ผู้วิจัยได้เลือกเก็บจากอาคารฟิวเจอร์พาร์ค รังสิต กรุงเทพมหานคร แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าการส่องสว่างที่ได้จากการใช้วิธี Lumen Method สำหรับช่องแสงด้านบน พบว่ามีค่าไม่ตรงกัน ซึ่งผู้วิจัยสรุปว่าเกิดจากค่าการส่งผ่านแสงของช่องแสงที่ใช้ในสมการเป็นค่าที่ถูกกำหนดอย่างเฉพาะเจาะจง ในขณะที่ในสภาพความเป็นจริงค่าการส่งผ่านแสงของช่องแสงยากที่จะระบุได้แน่นอนเนื่องจากมีผลกระทบจากตัวแปรต่างๆ เช่น รูปทรงของส่วนปกคลุมช่องแสง และมีการใช้วัสดุหลายชนิดประกอบกัน

2.19.7 <u>การค้นคว้าเรื่องสภาพแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์กับการส่องสว่างของ Atrium – ผลกระทบในภาพรวมของคุณสมบัติการสะท้อนของพื้นผิวและรูปทรงต่างๆ</u> (An Investigation of Atrium Luminous Environment – Integration Effects of Surface Reflective Properties and Shape Variations) โดย Anping Liu, The University of Michigan (1993) เป็นการศึกษาพฤติกรรมของแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นภายใน Atrium เพื่อให้เกิดความเข้าใจและเป็นประโยชน์ต่องานสถาปัตยกรรม โดยพิจารณาตัวแปร 2 ประเภท คือ ผลกระทบจากคุณสมบัติค่าการสะท้อนของพื้นผิว และผลกระทบจากลักษณะของรูปทรง โดยให้ความสำคัญกับลักษณะการสะท้อนที่เกิดขึ้นจากตัวแปรทั้ง 2 ประเภท โดยทำการทดลองภายใต้เงื่อนไขสภาพการส่องสว่างแบบที่มีระดับความส่องสว่างสม่ำเสมอ (Uniform Lighting) แบบที่มีระดับความส่องสว่างไม่สม่ำเสมอ (Non-Uniform Lighting) เช่นแสงกระจายจากท้องฟ้าแบบมีเมฆ หรือแสงกระจายจากท้องฟ้าโปร่ง และแสงตรงจากดวงอาทิตย์ โดยทำการทดลองภายในห้องจำลองสภาพท้องฟ้า

จากการศึกษาพบว่าภายใต้เงื่อนไขสภาพท้องฟ้าแบบ Overcast Sky จะทำให้พื้นผิวภายในมีความสว่างเท่าๆกัน ระดับต่างๆขององค์ประกอบที่มีการสะท้อนแสงภายใน (Internal Reflected Component – IRC) ที่

กระทำโดยการเปลี่ยนพื้นผิวทำงานไม่มีความแตกต่างเท่ากับในวันที่เป็น Clear Sky นอกจากยังพบว่านี้วันที่มีท้องฟ้าแบบ Clear Sky การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของดวงอาทิตย์มีผลต่อการส่องสว่างของพื้นผิวภายในและรูปแบบการกระจายตัวของระดับต่างๆขององค์ประกอบที่มีการสะท้อนแสงภายใน (จากนี้ไปจะเรียกว่า IRC) อย่างรุนแรง และเมื่อพิจารณาในส่วนของ DF พบว่าในวันที่เป็น Overcast Day ณ ตำแหน่งจุดกึ่งกลางพื้นค่าความส่องสว่างมีการเปลี่ยนแปลงในช่วง 20% เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง IRC โดยใช้พื้นผิวชนิดด้านสีดำที่ผนังด้านหนึ่งของ Atrium กับหุ่นจำลองที่ใช้เป็นกรณีพื้นฐาน ในวันที่เป็น Clear Day ระดับความส่องสว่างภายในมีการเปลี่ยนแปลงถึง 60% และความสำคัญของสัดส่วน IRC จะเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้นเมื่อเพิ่มความสูงหรือความลึกของ Atrium ผู้วิจัยจึงสรุปว่า IRC เป็นปัจจัยที่ควบคุมระดับการส่องสว่างที่สำคัญ

นอกจากนี้เมื่ออยู่ภายใต้ลักษณะการส่องสว่างที่รุนแรง เช่น เมื่อได้รับแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ระดับความส่องสว่างภายในที่เกิดจากการสะท้อนครั้งแรกก็จะเห็นได้ชัดยิ่งขึ้นโดยเฉพาะกับ Atrium ที่มีรูปทรงผอมสูง และมีลักษณะเป็นการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา ส่วนการเปลี่ยนค่าการสะท้อนแสงของผิวพื้นช่วยเพิ่มปริมาณแสงในบริเวณส่วนล่างของผนังในแนวระนาบตั้งทั้งในวันที่เป็น Clear Day และวันที่เป็น Overcast Day

2.19.8 **ระดับความส่องสว่างและการกระจายแสงใน Atrium ที่รับแดดที่มีหลังคาและโครงรูปทรงต่างๆ** (Illumination Level and Luminance Distributions in Sunlit Atria with Difference Canopy System and Well Configurations (Atrium Lighting) โดย Kyoo Dong Song, Texas A&M University (1993) โดยมีจุดประสงค์เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบหรือกำหนดรูปแบบ Atrium ให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคาร สามารถเลือกใช้รูปแบบของหลังคาและรูปทรงของโถงที่เหมาะสม

ระเบียบวิธีวิจัยอาศัยหุ่นจำลองที่มีตัวแปร คือ รูปทรงของโถง Atrium 7 แบบ และลักษณะของหลังคา 36 แบบ การวัดระดับการส่องสว่างวัดที่ระดับพื้นผลที่ได้อยู่ในรูปแบบของค่า DF และการวัดการกระจายแสงทำการวัดที่ผนังภายในห้องจำลองสภาพท้องฟ้า ที่แบ่งเป็น 2 กรณี คือ ท้องฟ้าแบบ Overcast Sky และ Clear Sky ร่วมกับ Video-Based Luminance Mapping System ซึ่งเป็นวิธีการใหม่ในการประมาณปริมาณ ระบุตำแหน่งและสร้างภาพการกระจายตัวของแสงแดดบนผนัง ผลที่ได้จะช่วยทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับการกระจายตัวของแสงแดด

2.19.9 **พัฒนาการของการประมาณค่าการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติภายใน Atrium โดยอาศัยการคำนวณในเชิงคณิตศาสตร์** (Development of Atrium Daylighting Prediction : From an Algorithm to a Design Tool) โดย Morad Rachid ATIF (1995) ซึ่งกล่าวว่า จากการที่การออกแบบ Atrium ในปัจจุบันมีการออกแบบที่ผิดพลาดในเรื่องของระบบส่องสว่าง อันเนื่องมาจากขาดแคลนเครื่องมือหรือวิธีการที่จะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถตัดสินใจกำหนดรูปแบบของผนัง Atrium และค่าการส่งผ่านของแสงที่เหมาะสมของวัสดุสำหรับการนำแสงธรรมชาติมาใช้ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้น ทำให้ Atrium หลายๆแห่งกลับต้องอาศัยแสงไฟประดิษฐ์ในการให้ความสว่างอยู่ตลอดเวลา หรือในอีกทางหนึ่งก็ได้รับแสงอาทิตย์ในปริมาณที่มากเกินความต้องการ ผู้วิจัยจึงได้สร้างแนวทางการคำนวณในเชิงคณิตศาสตร์เพื่อการประมาณค่าการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติภายใน

Atrium เบื้องต้นขึ้น โดยอาศัยหุ่นจำลองศึกษาภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบ Overcast Sky และ Clear Sky ในห้องจำลองสภาพท้องฟ้า การศึกษาครั้งนี้ครอบคลุมไปถึงรูปแบบของผนัง Atrium และค่าการสะท้อนแสงของผนังด้วย

ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้รูปร่างและพื้นที่กระจกที่เป็นช่องแสงด้านบน พื้นที่และค่าสะท้อนของผนังทึบแสงของ Atrium และสัดส่วนของ Atrium เป็นตัวแปรคงที่ การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในเชิงคณิตศาสตร์ใช้วิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Regression Analysis) แล้วทดลองเปรียบเทียบกับการคำนวณเชิงคณิตศาสตร์ที่เคยมีมา ผลที่ได้รับจากการศึกษาจะกลายมาเป็นกฎเกณฑ์เบื้องต้นและเป็นเครื่องมือในการออกแบบที่ช่วยให้เห็นภาพได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย