บทที่ 2

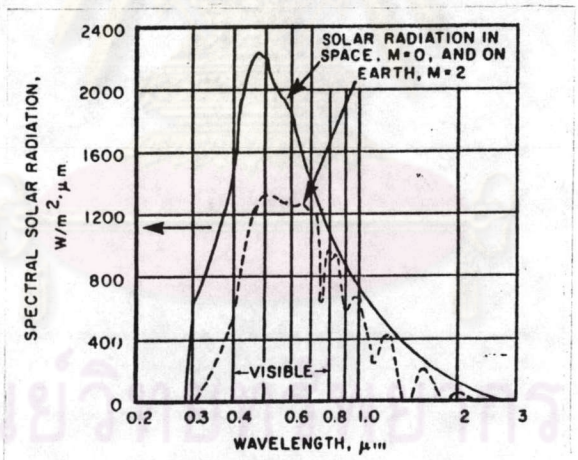
การสำรวจแนวความคิดและงานวิจัยที่เกียวข้อง

แสงอาทิตย์ (Sunlight)

คือ ส่วนของพลังงานจากดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Sun) ในช่วงความยาวคลื่นที่สามารถมองเห็นได้ (Visible Wavelength)

แสงธรรมชาติ (Daylight)

คือ ส่วนของพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่สะท้อนจากชั้นบรรยากาศ ท้องฟ้าและสภาพแวดล้อม (Diffused Sun)ในช่วงความยาวคลื่นที่สามารถมองเห็นได้ (Visible Wavelength)เช่นกัน



รูปที่ 1 แสดงลักษณะพลังงานแสงอาทิตย์
ที่มา : ASHRAE, 1993

แสงธรรมชาติและปัญหา (Daylight and Its Special Problem)

เมื่อดวงอาทิตย์สาดส่องแสง จะมีทิศทางกระจายไปทั่วท้องฟ้าขึ้นอยู่กับสภาวะของเมฆเป็นหลัก (Cloudness Factor) ในเขตหนาว จะมีปริมาณเมฆบนท้องฟ้ามาก เรียกว่าท้องฟ้ามืด (Overcast Sky) จะมีปริมาณแสงที่ค่อนข้างคงที่ ในเขตร้อนมักจะมีปริมาณเมฆบนท้องฟ้าปาน

กลางจนถึงน้อยมากเรียกว่าท้องฟ้ามีเมฆ (Party Cloudy Sky) ซึ่งมีปริมาณแสงสว่างที่ไม่ค่อยคงที่ และท้องฟ้าแจ่มใสซึ่งมีปริมาณแสงที่คงที่และความเข้มสูง ในกรณีของท้องฟ้ามีเมฆความคงที่ของแสงจะไม่แน่นอนสลับกันไปมา ยามเมื่อถูกแสงอาทิตย์โดยตรง (Direct Sun) ปริมาณความส่องสว่างอาจถึง 10,000 FC แต่ในยามที่เป็นแสงสะท้อน (Diffused Sun) ปริมาณความส่องสว่างอาจลดลงเหลือเพียง 2,000 FC เท่านั้น ดังนั้นในการออกแบบแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคารจึงต้องคำนึงถึงความคงที่สม่ำเสมอของแสงที่เกิดขึ้น เพราะมีผลต่อการประกอบกิจกรรมภายในอาคารในโรงงานอุตสาหกรรมทั่ว ๆ ไป มักจะกำหนดตำแหน่งของการทำงานไว้ค่อนข้างแน่นอนทำให้ผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถที่จะเคลื่อนที่ไปไหนได้ ในบางครั้งตำแหน่งของแสงอาทิตย์ (Direct Sunlight) ก็สามารถที่จะสาดส่องตรงไปยังบริเวณที่มีผู้ปฏิบัติงานนั้น ๆ อยู่ได้ เป็นสาเหตุให้เกิดสภาวะที่ไม่สบายขึ้น ซึ่งสามารถนำไปสู่สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุและยังทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง การให้แสงสว่างเข้าไปในอาคารนั้นควรจะมีการออกแบบที่เหมาะสม เช่น การออกแบบช่องเปิดเพื่อให้ได้รับแสงนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงขนาดของช่องเปิดด้วยหากว่าช่องเปิดมีขนาดใหญ่มากปริมาณแสงที่เข้ามาก็มาก แต่ก็มีความร้อนเข้ามาสู่ภายในอาคารดังนั้น การออกแบบช่องเปิดควรที่จะมีขนาดที่เหมาะสมที่แสงสว่างเข้ามาได้อย่างพอเพียง มีความร้อนเข้ามาน้อยและกำหนดตำแหน่งการให้แสงสว่างในพื้นที่ที่ต้องการ รวมทั้งไม่ก่อให้เกิดการรบกวนต่อบริเวณที่ทำงาน การให้แสงสว่างในทิศเหนือ - ใต้ (North Lighting-South Lighting) จะไม่ก่อให้เกิด Direct Sunlight ตลอดปี ยกเว้นแต่ในตอนเช้าและเย็นของเดือนในฤดูร้อน แต่สำหรับในเขตภูมิอากาศร้อนขึ้นอย่างเช่น ในประเทศไทย พบว่าการเปิดหน้าต่างทางเหนือจะได้รับประสิทธิภาพของแสงสว่างที่มีคุณภาพมากกว่าทางทิศใต้ เพราะแสงสว่างจากทางทิศเหนือมีปริมาณความเข้มของแสงที่มีความคงที่และไม่รุนแรงเท่ากับแสงสว่างจากทางทิศใต้ เมื่อมีปริมาณความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ที่น้อยกว่าก็ย่อมนำความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารได้น้อยกว่านั่นเอง ส่วนการเปิดหน้าต่างรับแสงทางทิศใต้นั้น แม้ว่าจะได้ปริมาณความส่องสว่างที่มากกว่าทางทิศเหนือ (ดวงอาทิตย์อ้อมใต้ 9 เดือน ในขณะที่อ้อมเหนือเพียง 3 เดือน) แต่ก็เป็นแสงที่มีความเข้มของรังสีสูงและมีความร้อนที่เข้ามาสู่อาคารได้มากกว่า ถึงแม้ว่าจะมีการพิจารณาการบังเงา (Shading Devices) ให้แก่ช่องหน้าต่างในส่วนนี้ซึ่งต้องการการบังเงาทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง (บังเงาในแนวนอนเมื่อดวงอาทิตย์ทำมุม Altitude ที่สูง (ตอนสายถึงบ่าย) และบังเงาในแนวตั้งเมื่อดวงอาทิตย์ทำมุม Altitude ที่ต่ำ(ตอนเช้าและตอนเย็น) แต่ก็เป็นการบดบังปริมาณความส่องสว่างจากดวงอาทิตย์ไปด้วยเป็นสาเหตุให้ภายในโรงงานได้รับแสงธรรมชาติที่ไม่พอเพียงต่อการทำงาน

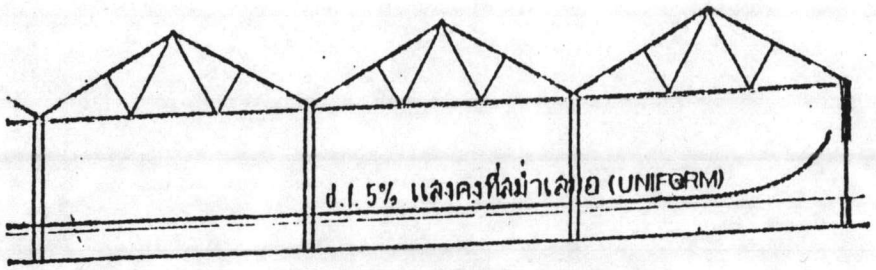
การให้แสงธรรมชาติภายในโรงงานอุตสาหกรรม (The Daylighting of Factory)

ความต้องการแสงธรรมชาติภายในโรงงานอันดับแรก ก็คือ การได้รับแสงที่พอเพียงตลอดเวลาการทำงานในตอนกลางวัน โดยมีปริมาณความส่องสว่างที่เหมาะกับ Visual Task และ Visual Comfort ในกรณีที่ภายในโรงงานมีลักษณะหรือประเภทของงานที่ต้องการปริมาณความส่องสว่างต่างกันก็อาจจะพิจารณาการแบ่ง Zone ของประเภทงาน หรือพิจารณาถึงวิธีการใช้ Local Lighting ตามประเภทงานนั้น ๆ แต่โดยทั่วไป ความคงที่ของปริมาณความส่องสว่างในโรงงานทั่วไปจะวัดจากค่า Daylight Factor ซึ่งมีค่าประมาณ 5 - 10 เปอร์เซ็นต์แต่สำหรับ 10 เปอร์เซ็นต์นั้นก็จะต้องทำให้เพิ่มขนาดของช่องแสงมากขึ้นเป็นการเพิ่มปริมาณ Heat Gain ให้แก่อาคารในหน้าร้อนด้วย เพราะฉะนั้นปริมาณ Daylight Factor 5 เปอร์เซ็นต์นี้ จึงเหมาะสำหรับการวัดปริมาณความส่องสว่างที่พอดีในโรงงาน (ค่า Daylight Factor ข้างต้นเป็นค่าที่เหมาะสมกับประเทศในทวีปยุโรปซึ่งอยู่ในเส้นละติจูดที่ใกล้ขั้วโลก ส่วนประเทศไทยซึ่งอยู่ใกล้เขตศูนย์สูตรจะต้องปรับค่าให้มีความเหมาะสมกับภูมิอากาศ สภาพท้องฟ้าและตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า)

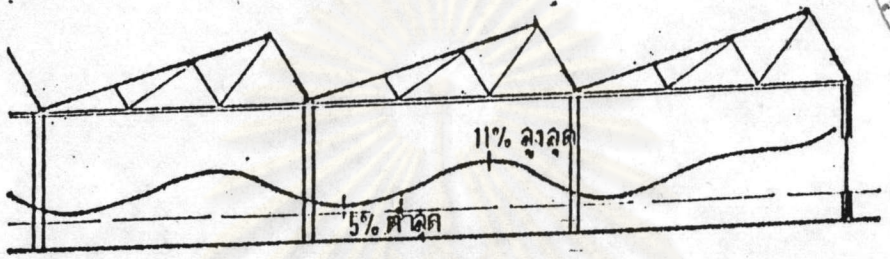
สำหรับแหล่งกำเนิดของแสงสว่างภายในโรงงานสามารถมาจากทิศทางใน 2 ทิศทาง คือ ทิศทางตั้ง (Vertical) และทิศทางนอน (Horizontal) ผ่านทางหลังคา (Roof Lighting) ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น Skylight, Sawtooth และ Monitor Roof เป็นต้น แต่ไม่ว่าจะเป็นการให้แสงในลักษณะใด จะยึดหลักดังนี้คือ

1.ความคงที่ของความส่องสว่าง (The Uniformity of Illumination) ซึ่งสัมพันธ์อย่างมากกับระยะห่างของช่องเปิด (Glazing Apertures) กับความสูงอาคาร โดยทั่วไปเพื่อให้เกิดความคงที่ของความส่องสว่างจะกำหนดให้มีระยะห่างของช่องแสงไม่เกินสองเท่าของความสูงอาคารวัดจากขอบล่างของช่องแสงถึงบริเวณพื้นที่ทำงาน (Working Plane) 0.90 ม. จากพื้น (R.G. Hopkinson, 1963)

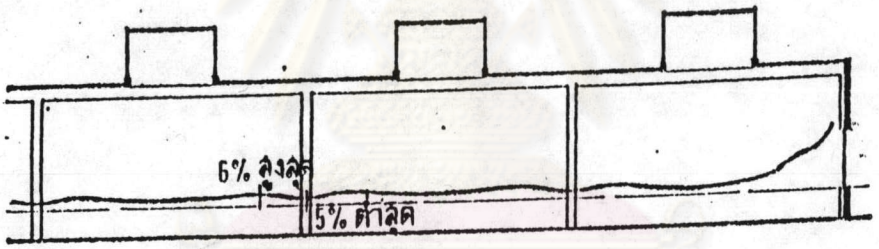
2.ปริมาณความส่องสว่าง (The Amount of Illumination) จะสัมพันธ์กับสัดส่วนของช่องเปิด การติดตั้งช่องเปิดในส่วนหลังคา ลักษณะของอาคารและประเภทการใช้งานในโรงงาน ซึ่งตามมาตราฐานของ Code of Recommended Society ของ The Illuminantion Engineering Society (R.G.Hopkinson, 1963) กำหนดไว้ว่าไม่ควรจะต่ำกว่า 20 Lumen/sq.ft หรือตามมาตรฐานของ



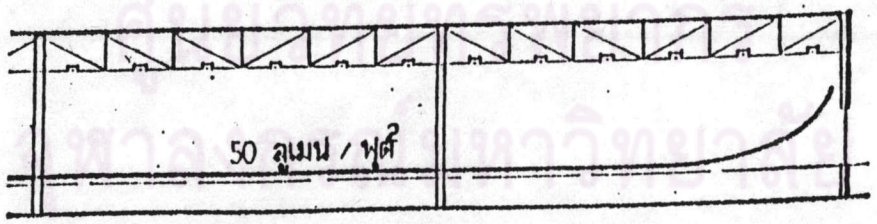
SKYLIGHT ROOF



SAWTOOTH ROOF



MONITOR ROOF



ARTIFICIAL LIGHT ROOF

รูปที่ 2 แสดงรูปแบบทั่วไปของหลังคาประเภทต่างๆ สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

I.E.S.Code กำหนดไว้ว่าไม่ควรจะต่ำกว่า 20 Lumen/sq.ft ภายใต้สภาพท้องฟ้ามืด (Overcast Sky) และมีค่า Daylight Factor ประมาณ 5%

รูปแบบทั่วไปของการให้แสงสว่างจากหลังคาประเภทต่าง ๆ
(General Form of Roof Lighting)

ในการให้แสงสว่างภายในโรงงานอุตสาหกรรม ควรจะมีความคงที่สม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งพื้นที่ปฏิบัติงาน รูปแบบต่าง ๆ ของการให้แสงสว่างจากหลังคาโดยทั่ว ๆ ไปสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมได้แก่รูปแบบ Skylight , Monitor และ Sawtooth รูปแบบของหลังคาเหล่านี้จะสัมพันธ์กับลักษณะของการติดตั้งกระจก ซึ่งส่วนใหญ่ลักษณะการติดตั้งของกระจกในแนวนอน (Horizontal Glazing)ในรูปแบบของหลังคาแบบสกายไลท์และการติดตั้งของกระจกในแนวเอียง(Sloping Glazing) ในรูปแบบหลังคา Monitor จะเป็นรูปแบบที่นิยมทั่วไป

สำหรับความคงที่สม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างจากรูปแบบหลังคาเหล่านี้ จะมีความสัมพันธ์กับระยะของการเจาะช่องเปิด (Glazing Apertures) ส่วนปริมาณของความส่องสว่างจะมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดและการติดตั้งกระจกในบริเวณหลังคา

การกระจายปริมาณความส่องสว่าง (Distribution of Illumination)

จากลักษณะความแตกต่างของกระจกแบบต่าง ๆ เมื่อได้รับแสงจะมีระดับและปริมาณแสงที่แตกต่างกันบน Working Plane อย่างเช่น Sawtooth จะให้การกระจายแสงที่สม่ำเสมอ Skylight และ Horizontal Glazing จะมีการกระจายแสงที่มีความไม่สม่ำเสมอเล็กน้อยซึ่งขึ้นอยู่กับระยะห่างของการเจาะช่องเปิดถ้าหากมีระยะไม่มากกว่าระดับความสูงจากช่องแสงไปยัง Working Plane โอกาสที่แสงตกกระทบลงไปจะมีความสม่ำเสมอเป็นไปได้มาก

ความสม่ำเสมอและความคงที่ของปริมาณแสงนอกจากจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยข้างต้นแล้วยังเกี่ยวข้องกับลักษณะผิววัสดุภายในอาคาร เช่น ผิวหนัง ผิวพื้น ผิวฝ้าเพดาน ฯลฯ ยิ่งถ้าหากมีประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงสูง (High Reflectance) ก็จะช่วยให้แสงที่เกิดขึ้นกระจายตัวได้มากขึ้น สำหรับผิวพื้นหากมีค่าการสะท้อนแสงที่สูงก็จะยิ่งเพิ่มการกระจายแสงที่มีความคงที่ได้ โดยทั่วไปหากมีค่าการสะท้อนแสงประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ก็จะยิ่งเหมาะมากหากว่าโรงงานนั้น ๆ ตั้งอยู่ในเขต Dirty Industrial Areas

ประสิทธิภาพของความส่องสว่างจากการให้แสงจากหลังคาประเภทต่าง ๆ
(Efficient of Different Types of Roof Lighting)

ประสิทธิภาพของความส่องสว่าง ในแต่ละประเภทหลังคา สามารถที่จะเปรียบเทียบได้จากปริมาณของแสงที่ตกกระทบยัง Working Plane ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นได้ดังนี้ คือ-

- หลังคาประเภท Sawtooth จะเป็นลักษณะหลังคาประเภทการให้แสงจากหน้าต่างด้านเดียว (Unilateral Lighting) ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์กับผู้ทำงานที่สามารถที่จะหลีกเลี่ยง Direct Sun ได้ หลังคาประเภทนี้นิยมหันช่องแสงไปทางทิศเหนือซึ่งไม่รับแสงแดดโดยตรงทำให้แทบไม่ต้องพิจารณาการบังเงาแก่ช่องแสง จึงทำให้สามารถรับปริมาณความส่องสว่างจากแสงกระจายได้เต็มที่ (Diffused Sun) แสงที่ได้รับนี้จะเป็นแสงที่มีคุณภาพนุ่มนวลมีปริมาณความส่องสว่างที่พอเหมาะและมีความร้อนน้อยการต่อเติมหรือขยายพื้นที่โรงงานสามารถทำได้ง่ายมีความกลมกลืนต่อเนื่องกันไป โดยที่ยังมีคุณสมบัติในการรับประสิทธิภาพแสงสว่างได้เหมือนเดิมนอกจากนี้ลักษณะกระจกทางตั้งทำให้ไม่สะสมความสกปรกและยังสามารถทำความสะอาดได้ง่ายอย่างไรก็ดี ข้อควรระวังสำหรับหลังคาประเภทนี้คือ การเอียงกระจกบริเวณช่องเปิดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจะแตกต่างกันระหว่างประเทศในเขตหนาวและประเทศในเขตร้อน อันเนื่องมาจากมุมตกกระทบของดวงอาทิตย์สู่อาคารต่างกันในประเทศหนาวตำแหน่งและมุม Altitude ของดวงอาทิตย์จะค่อนข้างต่ำทำให้สามารถเอียงกระจกไปด้านหลังในลักษณะมุมเอียงน้อยที่น้อยกว่า 90 องศา จึงสามารถรับแสงธรรมชาติได้มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยที่ไม่รับแดดโดยตรง แต่ในประเทศเขตร้อนตำแหน่งและมุม Altitude ของดวงอาทิตย์ค่อนข้างสูง จึงจำเป็นต้องเอียงกระจกไปด้านหน้าในลักษณะมุมเอียงที่มากกว่า 90 องศา จึงจะไม่รับแดดโดยตรง

- หลังคาประเภท Monitor จะเป็นลักษณะหลังคาประเภทการให้แสงจากหน้าต่างสองด้าน (Bilateral Lighting) ซึ่งสามารถก่อให้เกิดปริมาณแสงสว่างที่คงที่สม่ำเสมอได้หากคำนึงถึงเรื่องระยะห่างของช่องแสงกับความสูงอาคาร การทำความสะอาดกระจกสามารถทำได้ง่ายเพราะลักษณะกระจกทางตั้งทำให้ฝุ่นจับยาก ในยามฝนตกก็สามารถชะล้างความสกปรกได้และสามารถใช้ Cat Walks ทำความสะอาดได้มากกว่าหลังคาประเภทอื่น ๆ ข้อควรระวังสำหรับหลังคานี้ คือ ช่องเปิดในทิศใต้ ต้องพิจารณาการบังเงาทั้งในแนวตั้งและแนวนอนเพื่อป้องกันแสงที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรงทำให้ประสิทธิภาพของแสงในด้านนี้ลดลง นอกจากนี้หากต้องต่อเติมหรือขยายพื้นที่โรงงานทำให้ต้องขยาย Monitor ออกไปหลายหลัง หากระยะห่างระหว่างแต่ละ Monitor มีน้อยเกินไป (กรณีความสูงอาคารไม่มาก) ก็อาจบดบังปริมาณแสงกันเอง ทำให้ประสิทธิภาพในการรับแสงสว่างธรรมชาติลดลง

- หลังคาประเภท Skylight จะเป็นลักษณะหลังคาประเภทการให้แสงแนวนอนหรือแนวเอียง ซึ่งสามารถที่จะก่อให้เกิดความคงที่สม่ำเสมอรวมทั้งประสิทธิภาพของแสงที่มากกว่าในสองแบบแรกเพราะสามารถรับปริมาณแสงได้ตลอดวัน สำหรับการต่อเติมอาคารสามรถทำได้ง่ายและมีความกลมกลืนโดยที่ยังสามารถรับปริมาณแสงสว่างได้เต็มที่ อย่างไรก็ดีก็ต้องระวังในเรื่องความร้อนและความจ้าที่ผ่านเข้าสู่อาคารภายใน เพราะว่ามีโอกาสรับแสงแดดโดยตรงตลอดเวลาเช่นกัน นอกจากนี้การทำความสะอาดกระจกก็ค่อนข้างทำได้ยากเพราะอยู่ในแนวเอียงหรือแนวนอนและมักเป็นที่สะสมความสกปรก จึงต้องทำความสะอาดบ่อยครั้ง

การหาข้อสรุปถึงรูปแบบของการให้แสงธรรมชาติในโรงงานอุคสาหกรรมได้ผ่านมาหลายปี รูปแบบที่เป็นที่รู้จักกันดีก็คือ หลังคาแบบ B.R.S. Monitor (R.G.Hopkinson & J.D.Kay, 1972) ซึ่งออกแบบให้รับแสงทางทิศเหนือด้วยกระจกเอียง 60 องศา ส่วนทางทิศใต้เป็นช่องเปิดทางตั้งที่มีขนาดเล็กและยอมให้แสงอาทิตย์ผ่านเข้าไปในอาคารได้ รูปแบบหลังคานี้ก็ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพมากนักเพราะว่าได้รับความร้อนจากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Heat Gain) ในฤดูร้อน แต่ในช่วงสภาวะท้องฟ้ามืด (Overcast Sky) การกระจายปริมาณความส่องสว่างจะอยู่ในระดับที่เหมาะสมถ้าหากบริเวณหลังคามีการทาสีขาวและได้รับการสะท้อนแสงจากพื้นและผนัง โดยภาพรวมแล้ววิธีการให้แสงโดยวิธีนี้ก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในที่ตั้งในท้องถิ่นต่าง ๆ กัน

แนวทางปฏิบัติสำหรับการออกแบบแสงธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรม
(The Basic Principles of Daylight Design in Factory)

ในการที่จะเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของแสงสว่างผู้ออกแบบจำเป็นที่จะต้องทราบเกี่ยวกับหลักเบื้องต้นที่นำแสงธรรมชาติเข้ามาสู่ภายในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนี้คือ

1.แหล่งกำเนิดแสงภายนอกอาคารในแง่ปริมาณความส่องสว่าง

2.แสงธรรมชาติมีลักษณะค่อนข้างจะไม่คงที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทั้งวัน เดือน และปี นอกจากนี้ก็ยังแปรผันไปตามท้องถิ่นต่าง ๆ ตามเขตภูมิศาสตร์ด้วย

3.ปริมาณความส่องสว่างของแสงธรรมชาติจะไม่คงที่และมีปริมาณที่ไม่พอเพียงตลอดชั่วโมงการทำงานตลอดทั้งปี ดังนั้นจำเป็นต้องนำชั่วโมงการทำงานมาเฉลี่ยออกเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อตอบสนองต่อการได้รับแสงสว่างที่พอเหมาะและพอเพียง

สำหรับวิธีการที่จะแก้ปัญหานี้กับการออกแบบโดยใช้แสงธรรมชาติได้มีข้อตกลงถึงสภาวะ "Tolerable Mininum Conditions" แต่ว่าวิธีการนี้จะเหมาะสมกับสภาวะแสงธรรมชาติใน

ตอนเริ่มและสิ้นสุดในแต่ละวันเท่านั้น ซึ่งไม่ค่อยจะสอดคล้องกับชั่วโมงการทำงานปกติ (08.00-16.00 น. หรือ 09.00-17.00 น.) ในแต่ละวันเท่าใดนักเพราะปริมาณความส่องสว่างในชั่วโมงการทำงานปกติอาจจะเท่ากับหรือมากกว่า Tolerabel Mininum Conditions แต่อย่างไรก็ตามเพื่อที่จะออกแบบแสงธรรมชาติให้เหมาะกับสภาพท้องถิ่นตามเขตภูมิศาสตร์จำเป็นต้องศึกษาเกี่ยวกับรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. ปริมาณความส่องสว่างภายนอกอาคารที่เกิดขึ้น
2. ปริมาณความส่องสว่างภายในอาคารที่เกิดขึ้นอย่างพอเหมาะกับระดับการทำงาน

ปริมาณความส่องสว่างภายนอก (External Illumination)

สำหรับปริมาณความส่องสว่างที่อ้างอิงสภาวะต่ำสุดของปริมาณความส่องสว่างภายนอกอย่างน้อยควรจะเท่ากับหรือมากกว่าเปอร์เซ็นต์ของชั่วโมงการทำงานปกติตลอดทั้งปี และควรจะไม่นับค่ากระจายแสงจากแสงอาทิตย์และแสงสะท้อนจากเมฆ แต่จะพิจารณาจากปริมาณความส่องสว่างในแนวนอน (Horizontal Plane) มากกว่า

เป็นที่ทราบกันดีว่า แหล่งข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณความส่องสว่างจากท้องฟ้ามีจำกัด ดังนั้นหากสามารถที่จะรู้ Hours Of Sunshine ในแต่ละท้องถิ่น ก็จะช่วยให้สามารถที่จะวัดค่าหรือคำนวณปริมาณค่าความส่องสว่างในแต่ละเขตภูมิศาสตร์ได้เที่ยงตรงและแม่นยำ

เพื่อที่จะให้เป็นที่เข้าใจง่ายได้มีการสร้าง Nomograph (รูปที่ 3 และ 4) Cie , 1970 แสดงปริมาณความส่องสว่างภายนอกในเขตละติจูดที่ 5 องศา และ 70 องศา เหนือและใต้ ซึ่งแสดงเปอร์เซนต์ของชั่วโมงการทำงานทุก ๆ ชั่วโมงตั้งแต่ 9 โมงเช้าถึง 5 โมงเย็นโดยใช้ร่วมกับตารางแสดงค่าเปอร์เซนต์ที่เหมาะกับช่วงระยะเวลาการทำงานต่าง ๆ และจะสามารถนำไปใช้กับสภาวะอากาศได้ในทุก ๆ เขต เพราะเป็นค่า "Average Weather" ทั้งในสภาวะอากาศแบบหนาวและร้อนทำให้มีบางค่าอาจจะมีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าเปอร์เซนต์ของชั่วโมงการทำงานที่แสดงใน Diagram ซึ่งอ้างอิงค่าเฉลี่ยจากชั่วโมงของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละเดือน

ปริมาณความส่องสว่างภายใน (Internal Illumination)

ระดับค่าความส่องสว่างภายในจะอ้างอิงที่ Horizontal Work Plane (ประมาณ 90 cm. เหนือพื้น) ภายในโรงงานอุตสาหกรรม โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุดของค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและขนาดของพื้นที่ทำงาน ในที่นี้คือ ค่าที่แสดงถึงระดับความส่องสว่างสำหรับงานประเภทต่าง ๆ ภายในโรงงานซึ่งจะแตกต่างกันออกไปตามมาตรฐานต่าง ๆ ดังตัวอย่าง เช่น

งานทั่ว ๆ ไป (Ordinary Tasks)

เช่น งานตรวจเช็คสินค้า งานส่งของ งานแยกประเภทผลิตภัณฑ์ กำหนดประมาณ 15 - 20 FC (150 - 200 Lux)

งานลักษณะปานกลาง (Medium Task)

เช่น งานควบคุมเครื่องจักร งานสิ่งทอ กำหนดประมาณ 30 - 50 FC (300 - 500 Lux)

งานลักษณะพิเศษ (Severe Tasks)

เช่น งานประกอบชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ งานอิเลคทรอนิคส์ กำหนดประมาณ 60 -100 FC (600 - 1,000 Lux)

หมายเหตุ ค่าที่ใช้นี้เป็นค่ามาตรฐานในประเทศอังกฤษและออสเตรเลีย ส่วนในประเทศอเมริกาต้องเพิ่มค่าอีก 2 - 3 เท่า จากค่าที่แสดงเหล่านี้ R.G.Hopkinson, 1963

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความส่องสว่างภายนอกและปริมาณความส่องสว่างภายใน (Relationship Between External And Internal Illumination)

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความส่องสว่างภายในและภายนอกโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถแสดงได้ในรูปของ Daylight Factor (DF) ดังนี้

$$DF = \frac{\text{Internal Illumination}}{\text{External Illumination}} \times 100\ \% \quad \text{..... (2.1)}$$

(R.G.Hopkinson & J.D.Kay ,1972)

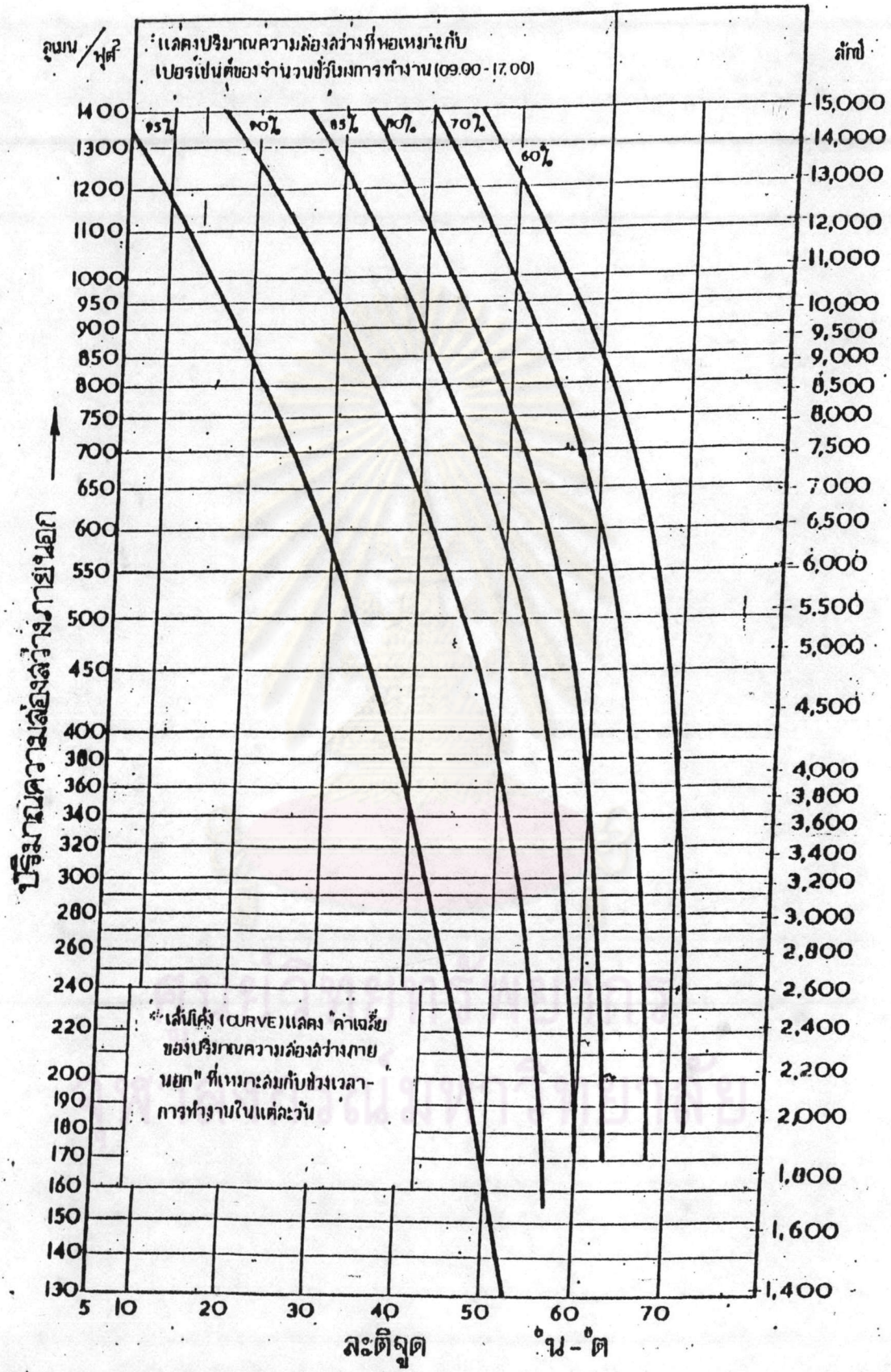
โดยที่ DF = Daylight Factor

Internal Illumination = ค่าความส่องสว่างภายใน (FC')

External Illumination = ค่าความส่องสว่างภายนอก (FC)

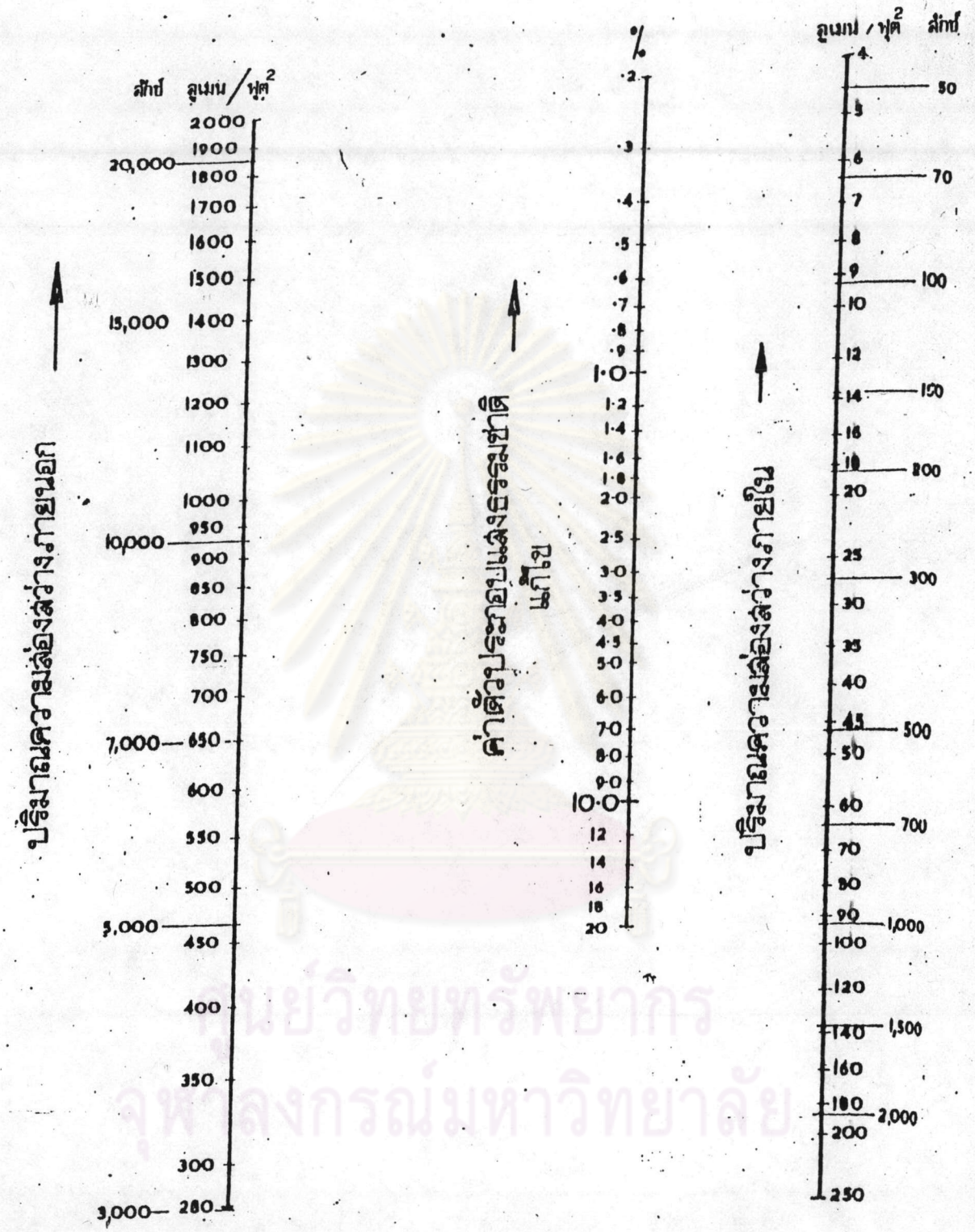
โดยที่ค่าความส่องสว่างที่อ้างอิงจากความสัมพันธ์นี้จะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ประเภทของท้องฟ้า ขนาดและตำแหน่งของช่องเปิด ประเภทของกระจกที่ใช้ ระยะทางระหว่างจุดอ้างอิงถึงช่องเปิด สิ่งกีดขวางภายนอกอาคาร ปริมาณของแสงสว่างจากภายนอกที่ตกกระทบเข้ามาสู่ภายในโดยการสะท้อนแสงมาจากผนัง, ฝ้าเพดาน และพื้น

ค่า Daylight Factor นี้มีประโยชน์มากสำหรับการออกแบบแสงธรรมชาติเพราะสามารถใช้ในการทำนายถึงปริมาณความส่องสว่างภายในบริเวณที่อ้างอิงในระดับที่เหมาะสมโดยใช้รูปที่ 3 ร่วมกับรูปที่ 4 ในการหาค่า Average Daylight Factor



รูปที่ 3 : โนโมแกรมแสดง(NOMOGRAM) แสดงปริมาณความส่องสว่างที่พอเหมาะกับเปอร์เซ็นต์ของชั่วโมงการทำงาน (09.00 - 17.00 น.) ของโรงงานอุตสาหกรรม

ที่มา : CIE. TECHNICAL REPORT FOR DAYLIGHT , 1970



รูปที่ 4: โนโมแกรม (NOMOGRAM) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความส่องสว่างภายนอกเทียบกับปริมาณความส่องสว่างภายใน เพื่อแสดงค่าตัวประกอบธรรมชาติแก้ไข (SERVICE DAYLIGHT VALUE)

ที่มา : CIE. TECHNICAL REPORT FOR DAYLIGHT , 1970

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณแสงธรรมชาติสำหรับการให้แสงทางด้านบน
(Daylight Calculation for Top Lighting)

ในการคำนวณแสงธรรมชาติมีหลายวิธี การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ก็เป็นวิธีหนึ่งที่แพร่หลายสำหรับสถาปนิกเพราะใช้เวลาไม่มากและสะดวกต่อการใช้งานแต่ในบางครั้งหากต้องการการคำนวณที่แม่นยำและใช้เวลาไม่มากในระยะเริ่มต้นการใช้สูตรที่ง่ายยังคงเป็นสิ่งที่เหมาะสม

โดยทั่ว ๆ ไปสำหรับการเปิดช่องแสงที่มีขนาดใหญ่ย่อมที่จะให้ปริมาณแสงสว่างที่มาก ดังนั้นต้อนคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Daylight Factor กับขนาดของช่องแสงรวมทั้งปริมาณพื้นที่ทั้งหมดที่ต้องการให้แสงเพราะจะทำให้ได้รับปริมาณแสงที่สม่ำเสมอคงที่

สำหรับการคำนวณค่าเฉลี่ย Daylight Factor ของการให้แสงจากทางด้านบนหรือจากหลังคามีดังนี้ คือ

$$\text{Aver. DF (\%)} = \frac{F*Cu*Ag}{\text{Flr. Area}} * 100 \quad \text{..... (2.2)}$$

(R.G.Hopkinson ,P.Petherbridge & J.Longmore , 1966)

โดยที่ Ave. DF = ค่าเฉลี่ยของ Daylight Factor

F = Window Factor ที่เกิดขึ้นเมื่อแสงสว่างผ่านช่องแสงกระทบกับสิ่งกีดขึ้นภายในอาคาร

Cu = Coefficient Of Utilzation คือ อัตราส่วนระหว่างแสงที่ตกกระทบลงสู่บริเวณที่ได้อ้างอิงเทียบกับแสงที่เข้ามาทางช่องแสงทั้งหมด

Ag = ปริมาณเนื้อที่ของกระจกบริเวณช่องแสง (sq.ft)

Flr.Area = ปริมาณเนื้อที่ของพื้นที่อ้างอิงทั้งหมด (sq.ft)

สำหรับหลังคาที่ไม่มีสิ่งกีดขวางภายใน ค่า F จะมีค่าเท่ากับ 1 ส่วนค่า U จะขึ้นอยู่กับชนิดของช่องเปิดหลังคาและค่าการสะท้อนแสงภายในของวัสดุ ดังแสดงในตารางที่ 1

ปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณแสงธรรมชาติ ภายในโรงงานอุตสาหกรรม
(Necessary Allowances for Calculation In Factory)

1. ค่าการส่งผ่านแสงของกระจก (The Transmittance of The Glazing)

โดยทั่วไปเมื่อแสงธรรมชาติส่องผ่านกระจกที่มีค่าการส่งผ่านแสง ปริมาณความส่องสว่างจะลดลงขึ้นอยู่กับลักษณะของกระจกนั้นว่ามีค่าการส่งผ่านแสงที่สูงหรือต่ำ หากมีค่าการส่ง

ผ่านแสงที่สูง ปริมาณแสงก็จะมีความส่องสว่างน้อยลงมากอาจทำให้มีแสงสว่างไม่พอเพียงต่การปฏิบัติงานรวมทั้งยังสะสมความร้อนไว้ได้มากอีกด้วยหากกระจกนั้นมีค่าการส่งผ่านแสงที่ต่ำก็จะมีปริมาณความส่องสว่างที่ผ่านเข้าไปได้มากกว่า และอาจก่อให้เกิดแสงสว่างที่จ้าเกินไปต่อการปฏิบัติงานแต่อย่างไรก็ตามกระจกประเภทหลังก็จะสะสมความร้อนได้น้อยกว่าประเภทแรก

ในการใช้กระจกประเภทนี้ จำเป็นต้องคำนึงถึงตำแหน่งการติดตั้งกระจกที่มีผลต่อบริเวณที่ทำงาน ปริมาณความส่องสว่างที่เกิดขึ้นนอกเหนือจากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น นอกจากนี้ทิศทางการติดตั้งกระจกก็ต้องคำนึงถึง เช่น ไม่ควรติดตั้งกระจกประเภทนี้ในรูปแบบของหลังคา Skylight ทางทิศใต้ ที่มีปริมาณความเข้มของแสงที่สูงควรจะนำไปติดตั้งในทิศเหนือที่มีแสงนุ่มนวลกว่า เป็นต้น รวมทั้งการพิจารณาสภาพภูมิอากาศที่อาคารนั้น ๆ ตั้งอยู่ เช่น ในเขตหนาวอาจใช้กระจกประเภทนี้ (ที่มีค่าการส่งผ่านแสงที่ต่ำ) เพื่อรับทั้งแสงสว่างและความร้อนสู่ภายในอาคาร ในขณะที่ในเขตร้อน การนำมาใช้ควรพิจารณาการบังเงาแก่กระจกไม่ให้รับแสงแดดโดยตรงเพื่อมิให้สะสมความร้อนและควรนำไปติดตั้งทางทิศเหนือเพื่อลดปริมาณความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ลงเป็นต้น

ตารางแสดงค่า CU (Coefficient of Utilization)
สำหรับหลังคา (Roof Lighting) ประเภทต่าง ๆ

ชนิดของกระจก	ค่าเฉลี่ยการสะท้อนแสงภายใน	
	ประมาณ 50%	ประมาณ 20%
Horizontal	0.40	0.30
Skylight 30 Slope	0.40	0.30
Sawtooth 60 Slope	0.25	0.20
Monotor 60 Slope	0.25	0.20
Asymetric Monitor (B.R.S. Monitor)	0.20	0.15
Vertical Monitor	0.15-0.20	0.10-0.15

ตารางที่ 1: แสดงค่า Coefficient of Utilization สำหรับ Roof Lighting ต่าง ๆ

ที่มา: R.G. Hopkinson & J.Longmore, A.Murray Graham, 1966

คุณสมบัติของกระจกสามารถแสดงได้ ในรูปของค่าการส่องสว่างของแสงผ่านกระจก (Transmission Factor) หรือปริมาณของการกระจายแสง (Degree Diffusion) โดยนำเอาข้อมูลจากผู้ผลิต สำหรับค่าการส่องผ่านแสงของกระจกที่จะนำมาใช้ในการคำนวณจะถูกจัดให้อยู่ใน ค่าประสิทธิภาพการนำแสงมาใช้ (Coefficient of Uttlization) ดังได้อธิบายสูตรไปแล้ว ในที่นี้จะแสดงค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นเมื่อแสงส่องผ่าน ดังนี้

$$FC' = FC^{*}\tau \quad \text{..... (2.3)}$$

(R.G.Hopkinson ,P.Petherbridge & J.Longmore , 1966)

โดยที่ FC' = ปริมาณแสงสว่างที่เกิดขึ้น (แสงสว่างบน Working Plane)

FC = ปริมาณแสงสว่างต้นกำเนิด (แสงธรรมชาติจากหน้าต่าง)

τ = ค่าการส่งผ่านแสง (%)

2. ค่าเฉลี่ยการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคาร (The Average Interior Surface Reflectance)

คุณสมบัติของการสะท้อนแสงภายในของพื้นผิวจะช่วยให้แสงสามารถสะท้อนเข้าสู่ภายในอาคารได้มากขึ้นหากมีค่าเฉลี่ยที่ยิ่งมากก็ยิ่งดี เพราะจะทำให้ได้รับปริมาณความส่องสว่างที่มากตามลำดับ โดยทั่วไปค่าเฉลี่ยพื้นผิวภายในประกอบไปด้วยพื้นผิวฝ้าเพดาน (Ceiling) พื้นผิวผนัง (Wall) และพื้นผิวพื้น (Floor) กำหนดประมาณ 70%, 50% และ 30% ตามลำดับ R.G. Hopkinson ,1963 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยการสะท้อนแสงภายในมาตรฐานที่มีคุณภาพที่ดี สำหรับการคิดค่าเฉลี่ยการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในนั้นคำนวณได้จากสูตร

$$\text{Aver. } \rho = \frac{Ac\rho c + Aw\rho c + Af\rho f + Ag\rho g}{Ac + Aw + Af + Ag} \quad \text{..... (2.4)}$$

(R.G.Hopkinson,P.Petherbridge & J.Longmore ,1966)

โดยที่ Aver.ρ = ค่าเฉลี่ยการสะท้อนแสงภายในของพื้นผิว

Ac,Aw,Af และ Ag = พื้นที่ผิวฝ้าเพดาน,ผนัง,พื้น และกระจก ตามลำดับ

ρc, ρw, ρf และ ρg = ค่าการสะท้อนแสงภายในของฝ้าเพดาน,ผนัง,พื้น และกระจก ตามลำดับ

3. สิ่งกีดขวางภายนอกและภายในอาคาร (External and Internal Obstruction)

สิ่งกีดขวางจากภายนอก เช่น อาคาร ต้นไม้ จะมีอิทธิพลต่อปริมาณแสงสว่างที่สาดส่องเข้าไปในอาคารโดยแสดงออกมาเป็นมุมที่วัดจากแนวราบไปสู่แนวตั้งของสิ่งกีดขวางไปยังช่องแสง ส่วนสิ่งกีดขวางจากภายในมักจะเกิดขึ้นในระดับสูง เช่น ฝุ่น คานโครงหลังคาหรือชุดดวงไฟ ก็จะเป็นปัจจัยสำคัญที่จะลดปริมาณแสงสว่างที่เกิดขึ้นไปยังบริเวณที่งานได้ สิ่งกีดขวางเหล่านี้เป็นสิ่งที่ต้องมีอยู่และไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ในบางครั้ง เช่น ชุดดวงโคมไฟ ก็เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องมีไว้เสริมแสงสว่างธรรมชาติ ดังนั้นการใช้สีสว่าง ๆ ที่มีค่าการสะท้อนแสงสูงในบริเวณฝ้าเพดานและผนังรวมทั้งการพิจารณาเอาใจใส่ในเรื่องของการทำความสะอาด ก็เป็นสิ่งจำเป็นที่จะละเลยไม่ได้ หากต้องการที่จะรักษาประสิทธิภาพของแสงสว่างธรรมชาติเอาไว้

ค่าที่นำมาใช้ในการคำนวณ สำหรับสิ่งกีดขวางภายนอกจะขึ้นอยู่กับมุมที่สิ่งกีดขวางกระทำกับพื้นดิน (0-90 องศา) และศูนย์กลางของช่องกระจก (0-90 องศา) ตั้งแต่ 0.00-1.00 โดยหาค่าได้จากโนโมกราฟ ส่วนสิ่งกีดขวางภายในจะมีค่าขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างภายในฝุ่นและชุดดวงไฟ เป็นต้น มีค่าตั้งแต่ 0.00-1.00 โดยหาค่าได้จากตารางและโนโมกราฟเช่นกัน

4. ค่าความเสื่อมคุณภาพและการบำรุงรักษา (Depreciation And Maintenance)

ในโรงงานอุตสาหกรรม ค่าความเสื่อมคุณภาพอันเนื่องมาจากการให้แสงสว่างเป็นเรื่องที่สำคัญที่ควรจะคำนึงถึงด้วย เมื่อหน้าต่างมีความสกปรกเกิดขึ้นและเป็นสาเหตุให้ค่าการส่งผ่านแสง (Transmittance) ลดลงรวมทั้งบริเวณพื้น, ผนังและฝ้าเพดาน ยิ่งถ้าหากไม่ได้รับการทำความสะอาดตามที่ควร จะทำให้ประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงลดลง

ค่าความสกปรกเป็นค่าที่ยากที่จะประเมินได้เที่ยงตรงค่าหนึ่ง ค่าความสกปรกภายนอกสามารถที่จำนำข้อมูลมาจากกรมอุตุนิยมวิทยาประจำวันส่วนค่าความสกปรกภายในจะขึ้นอยู่กับชนิดของงานที่ทำภายในและบางส่วนนำมาจากหนังสืออ้างอิง

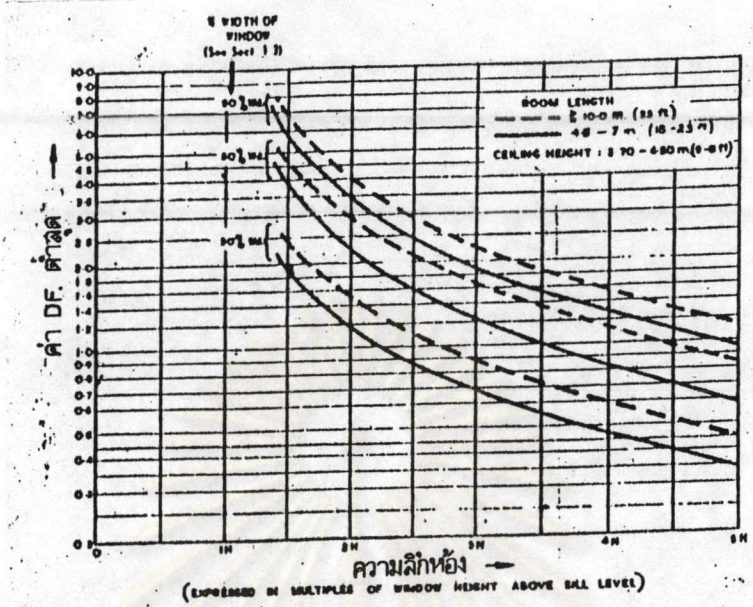
ค่าความสกปรกนับว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความจำเป็นต่อการออกแบบแสงสว่างตลอดช่วงการทำงานซึ่งแสดงออกมาในค่าของ "Service Value" ของปริมาณความส่องสว่าง

การบำรุงรักษาทำความสะอาดเป็นประจำจะช่วยให้ประสิทธิภาพของระดับแสงสว่างไม่น้อยกว่า 80% ของประสิทธิภาพแสงเริ่มต้น ความสกปรกนั้นส่วนใหญ่จะสืบเนื่องจากสภาพมล-ภาวะประจำท้องถิ่นและผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการทางอุตสาหกรรม ดังนั้นควรจะมีตารางที่กำหนดความสะอาดและการบำรุงรักษา ยิ่งถ้าหากได้บำรุงรักษาบ่อย ๆ ค่าของความสกปรกก็ไม่ควรจะเกิน 10% จากคุณภาพแสงที่ส่องเข้ามาจาก 100%

การให้แสงด้านเดียว

(ไม่มีสิ่งกีดขวางภายนอก)

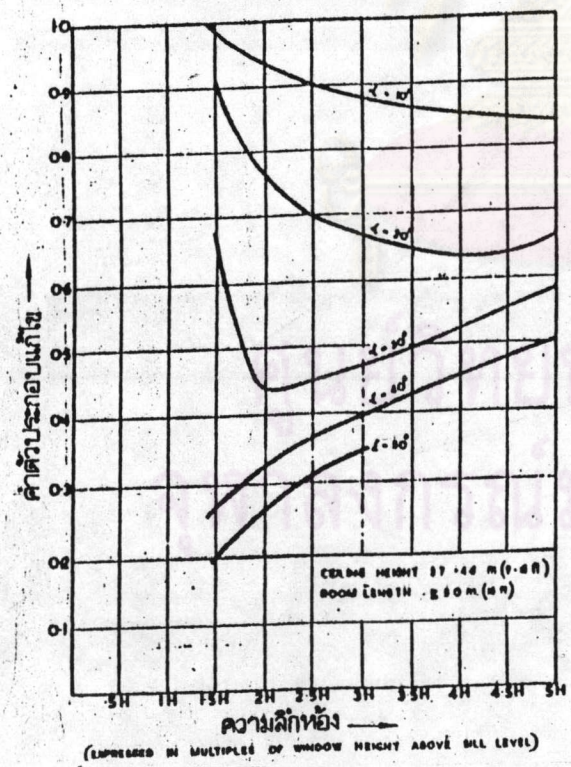
RELATION BETWEEN ROOM DEPTH AND MINIMUM DAYLIGHT FACTOR
(For various room lengths and window widths)



การให้แสงด้านเดียว

CORRECTION FACTORS TO ACCOUNT FOR THE INFLUENCE OF EXTERNAL OBSTRUCTIONS ON MINIMUM DAYLIGHT FACTOR

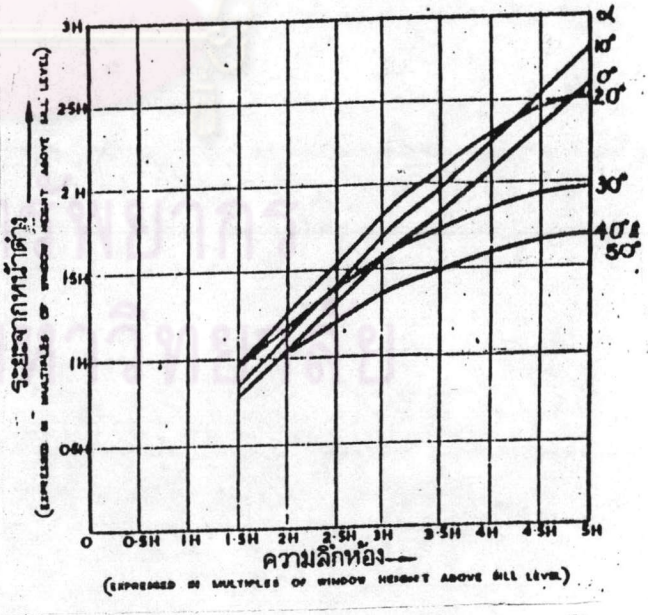
α = ANGLE OF OBSTRUCTION TO WINDOW



การให้แสงด้านเดียว

DISTANCE FROM WINDOW AT WHICH DAYLIGHT FACTOR IS TWICE MINIMUM DAYLIGHT FACTOR.

α = ANGLE OF OBSTRUCTION TO WINDOW



รูปที่ 5 : แสดงค่าสิ่งกีดขวางภายนอก (EXTERNAL OBSTRUCTION) สำหรับการให้แสงจากหน้าต่างด้านเดียว (UNILATERAL LIGHTING)

ที่มา : CIE. TECHNICAL REPORT FOR DAYLIGHT , 1970

ในกรณีที่การทำความสะอาดเป็นเรื่องลำบาก ค่าของความส่องสว่างอาจจะตกลงมาต่ำกว่า 80% ของความส่องสว่างเริ่มต้น ทำให้ต้องใช้แสงไฟประดิษฐ์มาช่วยเสริมความส่องสว่าง ในกรณีที่นำความสกปรกเข้ามาร่วมคิดกับการคำนวณ Daylight ผลลัพธ์ก็คือ ขนาดของช่องหน้าต่างจะมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิด Heat Gain และ Glare เพิ่มขึ้น ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเพิ่มขึ้นด้วย

จะเห็นได้ว่าการทำความสะอาดและการบำรุงรักษาเป็นเรื่องสำคัญมาก ไม่ว่าจะเป็นในบริเวณพื้นผนังหลังคาซึ่งเป็นบริเวณที่ช่วยเพิ่มค่าการสะท้อนแสงภายในโรงงานดังนั้นควรจะทำความสะอาดทุก ๆ 2 - 3 เดือนบริเวณฝ้าส่วนบริเวณหลังคาควรจะทำความสะอาดทุก ๆ ปีการบำรุงรักษาจะมีมากหรือน้อยเพียงไรจะขึ้นอยู่กับสภาพมลภาวะในอากาศ

ค่าที่นำมาใช้ในการคำนวณความเสื่อมสภาพของกระจกจะขึ้นอยู่กับลักษณะมุมเอียงของกระจก ที่ตั้งของโรงงานและประเภทของโรงงานซึ่งสามารถแสดงค่าดังตารางที่ 2

ที่ตั้ง	ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม	มุมของความเอียงกระจก(วัดจากแนวนอน)		
		90 ° 75 °	60 ° 45 °	30 ° 0 °
เขตชานเมือง	สะอาด	0.90	0.85	0.80
	สกปรก	0.70	0.60	0.55
เขตพักอาศัย	สะอาด	0.80	0.75	0.70
	สกปรก	0.60	0.50	0.40
เขตอุตสาหกรรม	สะอาด	0.70	0.60	0.55
	สกปรก	0.50	0.35	0.25

ตารางที่ 2: แสดงค่าตัวประกอบแก้ไข (Correction Factor) สำหรับค่าความเสื่อมสภาพของกระจก (Depreciation)

ที่มา: Cie ,1970

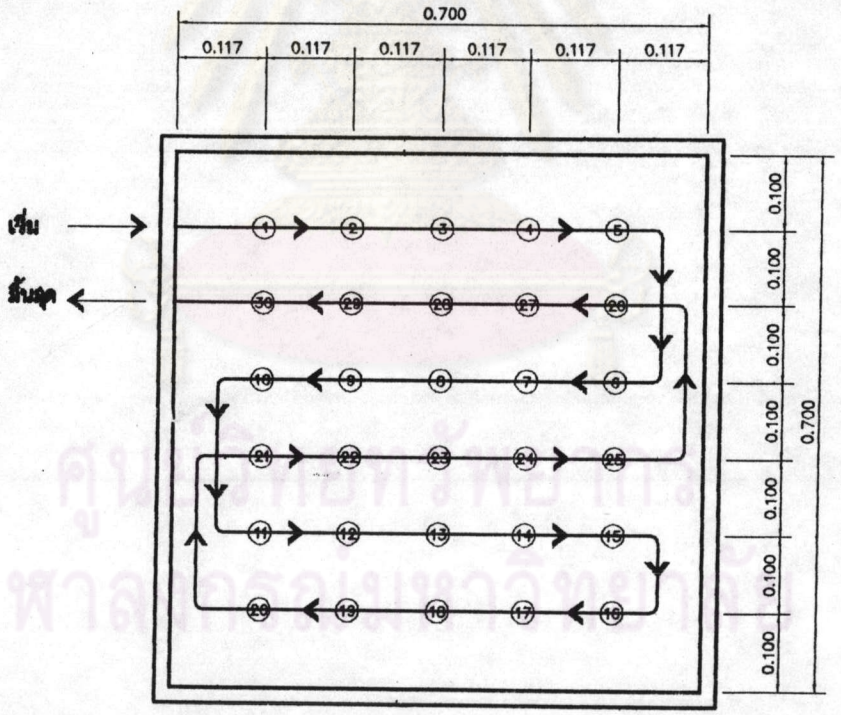
5. ค่าตัวประกอบแก้ไข (Correction Factor)

ค่านี้เป็นค่าที่นำไปคูณกับค่าตัวประกอบอื่น ๆ เช่น ค่าการส่งผ่านแสงสว่างของกระจก (Transmittance), ค่าเสื่อมคุณภาพของกระจก (Depreciation) ค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายใน

สำหรับภายนอกและภายในการใช้งานเพียงแต่นำไปรับแสงสว่างจากท้องฟ้าจะได้ค่าตัวเลขปรากฏออกมา ส่วนการติดตั้งเครื่องก็เพียงแต่วางตำแหน่งในบริเวณส่วนตรวจสอบ (Calibration Mark) เครื่องก็จะแสดงค่า Daylight Factor ที่ถูกต้อง

สำหรับวิธีการวัดปริมาณความส่องสว่างของพื้นที่ภายในโรงงานจะแบ่งเนื้อที่ภายในออกตามแนวตามตาราง (Grid) ที่กำหนด โดยทั่ว ๆ ไปจะแบ่งเป็น 30 จุด อย่างต่ำภายในพื้นที่เหล่านั้นไม่ว่าจะมีพื้นที่เท่าไหร่ก็ตาม (R.G.Hopkinson, P. Petherbridge & J.Longmore, 1966) วิธีกำหนดจุดเช่นนี้ทำให้สามารถมีเวลาในการวัดแต่ละจุดในแต่ละครั้งได้อย่างเพียงพอและยังมีความเหมาะสมกับสภาวะท้องฟ้าจริงที่มักจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

สำหรับวิธีการนี้จะมีความเหมาะสมกับการวัดค่าปริมาณความส่องสว่างในโรงงานขนาดเล็ก ๆ ถึงปานกลางแต่ในโรงงานขนาดใหญ่ อาจต้องการปริมาณการวัดค่าที่มากขึ้นกว่า 30 จุดก็เป็นไปได้เพื่อความเที่ยงตรงและแม่นยำของข้อมูลในการวัดนั่นเอง



รูปที่ 6 แสดงวิธีการวัดปริมาณความส่องสว่างแบบตาราง (Measuring Grid)

ที่มา : R.G. Hopkinson P. Petherbridge & J.Longmore, 1966

อาคาร (Reflectance) เป็นต้น เพื่อให้ได้ค่าตัวแปรที่ถูกต้องแม่นยำขึ้นซึ่งผลกระทบต่อการออกแบบแสงธรรมชาติด้วยซึ่งสามารถหาค่าได้จากตารางที่ 3

การวัดปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ (Daylight Measurement in Factory)

การวัดปริมาณความส่องสว่างของแสงธรรมชาติภายในโรงงานจะวัดพร้อม ๆ กันทั้งปริมาณความส่องสว่างภายนอกและภายใน (โดยทั่วไปมีความแตกต่างกันประมาณ 100 -1 เท่าหรือมากกว่า) โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า "Photometer" การใช้ Photometer วัดค่าความส่องสว่างมักจะเกิดปัญหาเนื่องจากตัวรับแสง Light Receptor ซึ่งตัวหนึ่งจะรับแสงสว่างจาก Electric Network จะวัดอัตราส่วนความส่องสว่างของแสงภายในพื้นที่และภายนอกพื้นที่ ส่วนปัญหาอื่น ๆ ก็จะเกิดขึ้นเนื่องจากการขาดความชำนาญในการใช้เครื่องมือ

ค่าการส่งผ่านแสง (Diffusetransmittance of Glass)	ค่าตัวประกอบแก้ไข (Correction Factor)	ค่าเฉลี่ยการสะท้อนแสง (Average Reflectance)	ค่าตัวประกอบแก้ไข (Correction Factor)
80%	0.95	15%	0.95
70%	0.80	20%	1.00
60%	0.70	25%	1.05
50%	0.60	30%	1.10
40%	0.45	35%	1.15
30%	0.35	40%	1.20

ตารางที่ 3: แสดงค่าตัวประกอบแก้ไข (Correction Factor) สำหรับค่าการส่งแสงของกระจก (Glazing Transmittance) และค่าเฉลี่ยการสะท้อนแสงภายในของพื้นผิว (The Average Interior Surrace Reflectance)

ที่มา: Cie ,1970

ในบางครั้งการวัดค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติสำหรับการใช้งานที่รวดเร็วของสถาปนิก นิยมใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Light Meter ซึ่งถูกคิดค้นโดยสถาบัน The Building Research Station เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้ง่าย ภายในประกอบไปด้วย Photocell สำหรับวัดค่าความส่องสว่าง

ความสัมพันธ์ระหว่างแสงธรรมชาติกับสภาวะน่าสบายภายในโรงงาน
(Daylight in Relation to Thermal Comfort in Factory)

เมื่อผู้ออกแบบโดยใช้แสงธรรมชาติในโรงงานด้วยวิธีการใช้ช่องเปิดใด ๆ ก็ตามสิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือ สภาวะน่าสบายภายในโรงงาน ในฤดูร้อนอาจได้รับปริมาณความร้อนมากอันเนื่องมาจากการได้รับ Solar Heat ที่มากเกินไปซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ขนาดของช่องเปิดที่ไม่เหมาะสมทั้งในเรื่องของขนาด, ตำแหน่งการติดตั้งและประเภทของกระจก

ในการตัดสินใจเกี่ยวกับเรื่องนี้เป็นเรื่องยาก เพราะประกอบไปด้วยองค์ประกอบอื่น ๆ อีกมากมาย โดยเฉพาะในเรื่องเกี่ยวกับสภาวะร้อน - หนาว ความชื้น หรือปริมาณฝุ่นละอองในอากาศโดยทั่วไปผู้ปฏิบัติการในโรงงานทั่ว ๆ ไปชอบที่จะทำงานภายใต้แสงธรรมชาติมากกว่าจากแสงประดิษฐ์ แต่ในบางแห่งพบว่านิยมใช้แสงสว่างจากหลอดไฟประดิษฐ์มากกว่าเพราะค่าใช้จ่ายด้านบำรุงรักษาต่ำรวมทั้งเกิดความยากลำบากในการทำความสะอาดช่องแสง ส่วนในเรื่ององค์ประกอบด้านอื่น ๆ จะแปรตามสภาพมลภาวะในแต่ละท้องถิ่น แต่อย่างไรก็ตามการบำรุงรักษาบ่อย ๆ จะทำให้เกิดสภาวะที่น่าสบายขึ้นแก่ผู้ใช้อาคาร สำหรับในฤดูร้อนสภาวะที่ไม่พึงประสงค์มักจะเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากปริมาณรังสีความร้อนที่อาคารได้รับ โดยจะก่อให้เกิดผลกระทบ 2 ประการ

ประการที่หนึ่ง คือ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นภายในโรงงานอันเนื่องมาจากปริมาณรังสีความร้อนที่ได้รับ

ประการที่สอง คือ สภาวะที่ไม่สบายอันเนื่องมาจากตำแหน่งแสงอาทิตย์ (Direct Sun) ตกกระทบลงบนบริเวณที่ทำงานของผู้ปฏิบัติงาน

ประการที่หนึ่ง สามารถที่จะลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่โรงงานโดยใช้ Selective Heat Absorbing - Glazing หรือ พิจารณาการบังเงาภายนอกแก่ช่องเปิด

ประการที่สอง สามารถที่จะแก้ไขได้โดยการใช้ช่องเปิด (Glazing) ที่มีค่าการส่งผ่านแสง (Transmittance) ที่พอเหมาะ เพื่อช่วยให้แสงสว่างมีความนุ่มนวลขึ้นและลดความเข้มของปริมาณแสงสว่าง (Intensity) ลง

สำหรับการใช้กระจกกระจายแสงในบริเวณส่วนหลังคาจะมีผลกระทบเล็กน้อยต่อระดับความส่องสว่างภายในอาคารเพราะวัสดุชนิดนี้จะมีคุณสมบัติในการกระจายแสงที่สูงและช่วยลดปริมาณความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ลง รวมทั้งสามารถควบคุมปริมาณความจ้า (Glare) เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบลงโดยตรง แต่อย่างไรก็ตามวัสดุชนิดนี้จะมีข้อจำกัดในเรื่องมุมมอง (View) ของผู้ปฏิบัติงานซึ่งก็อาจจะก่อให้เกิดสภาวะไม่สบายทางด้านสายตา (Visual Discomfort)

การใช้กระจกประเภทพิเศษที่สามารถสกัดกั้นความร้อนรวมทั้งสามารถกระจายแสงก็เป็นวัสดุที่มีประโยชน์มากเพราะสามารถที่จะประมาณปริมาณความส่องสว่างภายในโรงงานได้ แต่อย่างไรก็ตาม กระจกประเภทนี้ก็มีราคาแพงรวมทั้งการติดตั้งก็ค่อนข้างซับซ้อนและยุ่งยาก การใช้กระจกใสก็เป็นสิ่งที่มีความเหมาะสมหากมีการพิจารณาบังเงาบริเวณช่องแสงเพราะจะทำให้ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุด ส่วนปัจจัยทางด้านอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อสภาะน่าสบายในโรงงานก็กำลังได้รับการแก้ปัญหามากยิ่งขึ้น

กล่าวโดยสรุปหากโรงงานอุตสาหกรรมแห่งนั้นได้รับออกแบบที่ถูกต้องมาแต่ต้น ให้ความสำคัญต่อการใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงที่สูง การใช้สีอ่อน ๆ ทาพื้นผิว ฝาผนังภายในโรงงานการพิจารณาขนาดช่องแสงให้เหมาะสมรวมทั้งมีปริมาณแสงสว่างภายในโรงงานที่พอเหมาะก็จะนำมาซึ่งสภาวะที่น่าสบายแก่ผู้ปฏิบัติงานภายในโรงงาน รวมทั้งสามารถสร้างภาพพจน์ใหม่ของโรงงานอุตสาหกรรมที่ดีสำหรับการออกแบบโดยใช้แสงธรรมชาติในปัจจุบันและอนาคตต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย