

การระบายอากาศโดยวิธีเหนี่ยวนำ

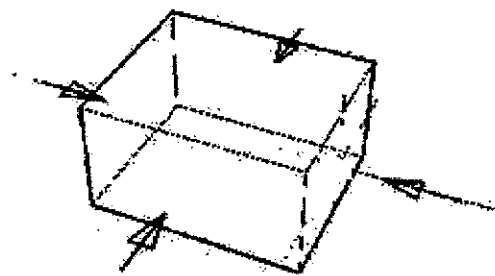
การระบายอากาศ หมายถึง การเคลื่อนย้ายถ่ายเทของอากาศจากพื้นที่หนึ่งสู่อีกพื้นที่หนึ่ง โดยปกติในประเด็นของสถาปัตยกรรม มักหมายถึงการเคลื่อนย้ายถ่ายเทของอากาศภายในพื้นที่ของอาคาร โดยเป้าหมายการระบายอากาศมีวัตถุประสงค์หลักอยู่ 2 ประการ คือ

1. เพิ่มคุณภาพของอากาศภายในห้อง มักใช้คำย่อภาษาอังกฤษว่า “IAQ” ซึ่งย่อมาจาก “Indoor Air Quality” หมายถึงคุณภาพของอากาศ เช่น ปริมาณออกซิเจนหรือ ในทางตรงกันข้าม คือปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวนฝุ่นละอองในอากาศ และ กลิ่น เป็นต้น

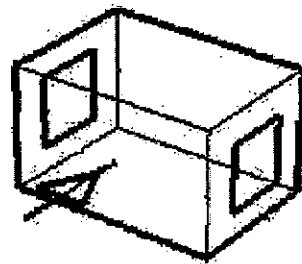
2. เพิ่มระดับภาวะความสบาย ซึ่งใช้คำภาษาอังกฤษว่า ‘Comfort’ หมายถึงการเกิดความสมดุลการถ่ายเทความร้อนในร่างกายกับสิ่งแวดล้อม ในกรณีร่างกายมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศแวดล้อมโดยรอบ การระบายอากาศที่ถูกต้องสามารถช่วยให้การถ่ายเทความร้อนในร่างกายสู่สิ่งแวดล้อมดีขึ้นด้วยการระเหยของเหงื่อที่ผิว ลักษณะเช่นนี้ทำให้ภาวะความสมดุลในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างร่างกายกับสิ่งแวดล้อมดีขึ้น ซึ่งเราจะมีความรู้สึกที่เรียกว่า “สบาย”

การระบายอากาศเกิดขึ้นได้อย่างไร เป็นเรื่องที่ผู้ออกแบบอาคารจะต้องเข้าใจ คนส่วนใหญ่เข้าใจว่า ออกแบบอาคารแล้วเจาะให้มีช่องเปิด เช่น ประตู หน้าต่าง หรือช่องระบายอากาศ ก็จะทำให้เกิดการระบายอากาศ และเมื่อปฏิบัติเช่นนั้นจะรู้สึกว่ามีการระบายอากาศ โดยที่แท้จริงการระบายอากาศเกิดจากการไหลของอากาศในสองพื้นที่ๆ มีความหนาแน่นของมวลอากาศต่างกัน (ความหนาแน่นของมวลอากาศต่างกันส่งผลให้เกิดความกดดันอากาศต่างกัน) และการเจาะช่องเปิดทำให้อากาศของสองพื้นที่ๆ มีความหนาแน่นของมวลอากาศต่างกันไหลถ่ายเทได้สะดวกขึ้น แต่ไม่ได้หมายความว่า การเจาะช่องเปิดแล้วจะต้องมีการถ่ายเทของอากาศเสมอไป เปรียบเทียบให้เห็นว่าอากาศรอบตัวเราเหมือนอ่างแก้วเลี้ยงปลาไปใหญ่ๆ ที่บรรจุน้ำเต็ม และอาคารเป็นกล่องพลาสติกใสซึ่งเล็กกว่าอ่างมาก แล้วเอากล่องพลาสติกใสดังกล่าวในลักษณะปิดสนิทไปกดลงในอ่างน้ำ จะปรากฏว่าน้ำในอ่างไม่สามารถเข้าไปในกล่องได้ แต่ถ้ามีการเจาะรูที่กล่อง แล้วกดลงในน้ำอีกครั้ง น้ำจะไหลเข้ากล่อง และถ้าเจาะเป็นสองรู น้ำจะไหลเข้าเร็วขึ้น แต่เมื่อน้ำไหลเข้าจนเต็มกล่องแล้ว น้ำจะหยุดไหลเข้ากล่องอีก อธิบายปรากฏการณ์ของตัวอย่างนี้ได้ดังนี้ กล่องที่ปิดสนิทกดลงในน้ำถึงแม้ว่าจะมีมวลหนาแน่นกว่าอากาศ ก็เข้าแทนที่อากาศในกล่องไม่ได้ เนื่องจากไม่มีช่องให้เข้า เหมือน

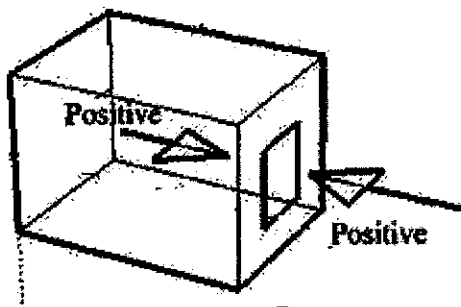
อาคารที่ออกแบบให้ปิดสนิทไม่มีช่องเปิดหรือรูรั่วเลย ถึงแม้ภายนอกอาคารจะมีลมแรงเพียงใด ลมจะยังคงไม่ไหลเข้าอาคารนั้น ๆ (รูปที่ 1.1) แต่เมื่อเจาะรูที่กล่อง น้ำจะเริ่มไหลเข้า เพราะน้ำมีมวลหนาแน่นกว่าอากาศ ทำให้น้ำมีน้ำหนักมากกว่าอากาศ จึงเข้าแทนที่อากาศ ขับไล่อากาศเป็นฟองอากาศหนีออกจากน้ำไป เหมือนห้องที่มีช่องเปิดเพียงช่องเดียว ในกรณีที่ภายนอกห้องมีลมแรง ลมอาจไหลเข้าภายในห้องได้บ้าง แต่ไม่คืบคลาน (รูปที่ 1.3) และเมื่อเจาะรูที่กล่องเป็นสองรู น้ำจะไหลเข้าเร็วขึ้น เพราะอากาศหนีออกได้ง่ายขึ้นเร็วขึ้น เหมือนห้องที่มีการเจาะช่องเปิดมากกว่าหนึ่งช่อง กรณีที่มีลมภายนอกห้องการไหลถ่ายเทของอากาศผ่านห้องจะดีขึ้น (รูปที่ 1.4) แต่เมื่อน้ำเต็มกล่องแล้ว น้ำในอ่างก็ไม่ได้ไหลเข้าในกล่องอีก ไม่ว่าจะเจาะรูเพิ่มอีกกี่รูก็ตาม ทั้งนี้เพราะน้ำในกล่องกับน้ำในอ่างที่อยู่รอบ ๆ กล่องมีมวลที่มีความหนาแน่นเท่ากัน ลักษณะเช่นนี้เหมือนอาคารที่ก่อสร้างขึ้น ถ้าความหนาแน่นของมวลอากาศภายในอาคารไม่ต่างจากความหนาแน่นของมวลอากาศที่อยู่รอบ ๆ อาคาร ถึงแม้ให้ผู้ออกแบบเจาะช่องเปิดเท่าไรก็ไม่ส่งผลต่อการระบายอากาศภายใน แต่ในธรรมชาติ กรณีอากาศเกิดสภาวะความหนาแน่นของมวลเท่า ๆ กันในหลายพื้นที่ ๆ ติดต่อกันนั้นมักไม่เกิดขึ้น ดังนั้น การระบายอากาศโดยธรรมชาติจึงยังเกิดขึ้นกับอาคารที่มีการเจาะช่องเปิด ไม่ว่าใหญ่หรือเล็ก มากหรือน้อย จงใจหรือไม่จงใจ เพียงแต่อาจเป็นผลการระบายอากาศที่ไม่พึงปรารถนา เช่นต่ำกว่าเกณฑ์ที่ต้องการ หรือสูงกว่าเกณฑ์ที่ต้องการ และส่งผลในทางลบต่องานออกแบบอาคาร



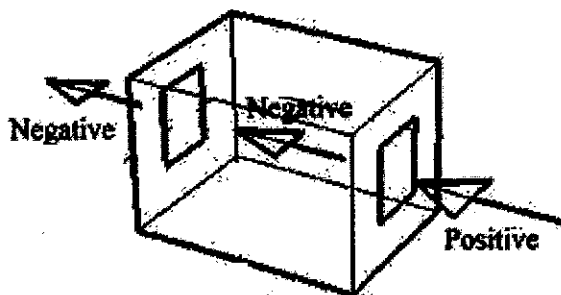
รูปที่ 1.1 มีลมแต่ไม่มีช่องเปิดการระบายอากาศเกิดยาก



รูปที่ 1.2 มีช่องเปิดแต่ลมมาไม่ตรงช่องการระบายอากาศน้อย



รูปที่ 1.3 มีช่องเปิดและลมมาตรงช่องแต่ไม่มีช่องให้ลมออกการระบายอากาศเกิดขึ้นในระดับไม่ดี



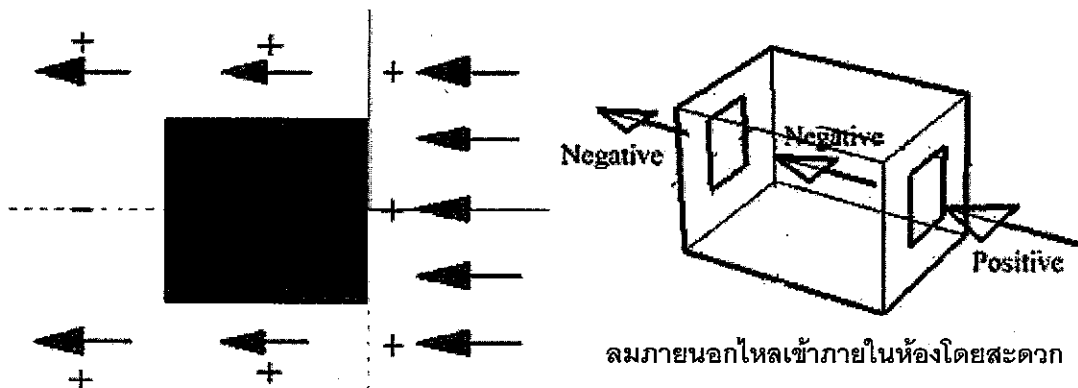
รูปที่ 1.4 มีช่องเปิดทางเข้าและออก และลมมาตรงช่องการระบายอากาศเกิดโดยสะดวก

การระบายอากาศโดยอาศัยการเหนี่ยวนำ

เป็นเทคนิควิธีการควบคุมการไหลของอากาศ โดยการสร้างให้เกิดความหนาแน่นของมวลอากาศที่ต่างกัน ระหว่างภายในและภายนอกอาคารเพื่อให้เกิดการระบายอากาศ การระบายอากาศโดยวิธีการเหนี่ยวนำทำได้ทั้งวิธีทางธรรมชาติ (Natural Ventilation) วิธีกล (Mechanical Ventilation) และ วิธีผสม (Hybrid Ventilation) แต่ในที่นี้ขอเน้นเรื่องการเหนี่ยวนำการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ

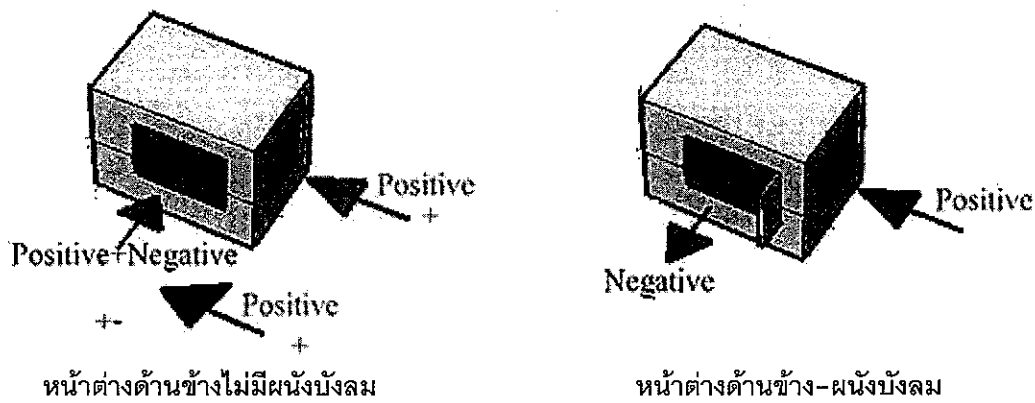
การเหนี่ยวนำให้เกิดการระบายอากาศโดยใช้ผนังบังลม

ผู้ออกแบบส่วนใหญ่จะได้รับการสอนว่า ในกรณีที่เป็นการระบายอากาศตามแนวนอน การออกแบบอาคารให้มีการระบายอากาศที่ดีที่สุดนั้น ต้องเป็นลักษณะเจาะช่องระบายอากาศเป็นช่องเปิดอยู่ปากด้านตรงข้ามของห้อง เรียกเป็นคำภาษาอังกฤษว่า 'Cross Ventilation' การเจาะช่องเปิดแบบนี้ ทำให้ด้านนอกห้องที่เป็นทางออกของลมถูกห้องบังลมไว้ จึงกลายเป็นพื้นที่อับลม ความกดดันของอากาศจึงต่ำกว่า เรียกลักษณะนี้ว่าเป็น 'Negative Pressure' ส่วนช่องเปิดด้านที่เป็นต้นลม ภายนอกห้องมีลมเข้าปะทะ จึงมีความกดดันของอากาศสูงกว่าด้านนอกห้องที่เป็นทางออกของลม เรียกลักษณะนี้ว่าเป็น 'Positive Pressure' อากาศจึงไหลเข้าห้องที่มีช่องทางออกอยู่ตรงข้ามกับทางเข้าอย่างสะดวก การระบายอากาศของช่องเปิดลักษณะนี้จึงเกิดขึ้นได้ดี (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ผังและภาพสามมิติของห้องที่เจาะช่องเปิดอยู่ปากตรงข้ามของห้อง และลมเข้าปะทะตรงช่องด้านเดียว

แต่ถ้าการเจาะช่องเปิดของห้องเป็นด้านข้างแทนที่เป็นด้านหลัง ประสิทธิภาพการระบายอากาศของห้องจะต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากขณะที่ลมพัดเข้าปะทะด้านช่องเปิดรับลมทางด้านหน้า ภายนอกช่องเปิดที่ต้องการให้ลมออกซึ่งเป็นด้านข้างยังมีลมผ่านเช่นเดียวกับด้านหน้า จึงทำให้มีความกดดันอากาศภายนอกด้านข้างยังสูงอยู่ ถึงแม้จะต่ำกว่าด้านหน้าซึ่งเป็นด้านที่ลมอัดเข้าหา ดังนั้น อากาศในห้องจึงยังออกทางด้านข้างได้บ้าง แต่ออกยากกว่าทางออกที่อยู่ด้านหลัง ลักษณะเช่นนี้แก้ปัญหาก็ได้ด้วยการใช้ 'ผนังบังลม (wing-wall)' แต่อย่างไรก็ตาม การเหนี่ยวนำโดยวิธีนี้ ยังต้องอาศัยแรงกดดันจากอากาศภายนอก อัดลมเข้าทางช่องเปิด ในกรณีที่ไม่มีแรงกดดันของอากาศภายนอกการเหนี่ยวนำจะไม่เกิดขึ้น



รูปที่ 3 การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศผ่านห้องด้วยการเพิ่มผนังบังลมด้านที่ลมออก

การเหนี่ยวนำการระบายอากาศด้วยการลอยตัวของอากาศร้อน

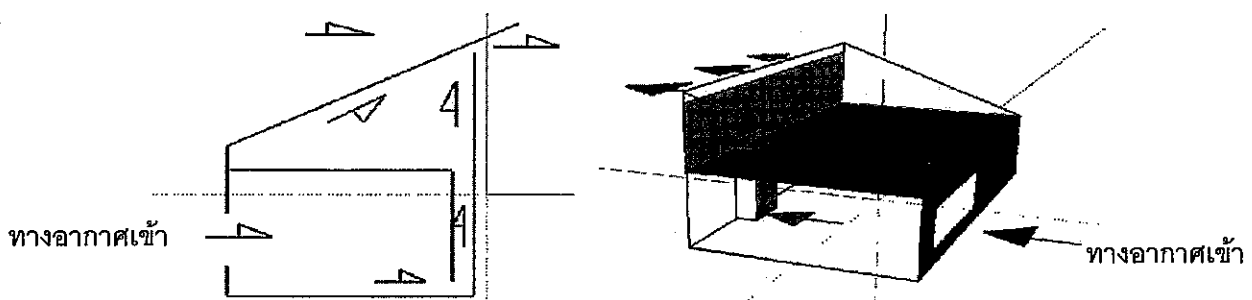
การอาศัยอากาศร้อนช่วยให้เกิดการระบายอากาศนั้น มีการกล่าวถึงกันมาก ทั้งที่เข้าใจถูกบ้าง เข้าใจผิดบ้าง บางคนกล่าวไปถึงได้ค้นพบวิธีการทำให้ห้องเย็นลง ด้วยการใช้อากาศร้อนลอยตัวหนีออกทางหลังคา ซึ่งเป็นการเข้าใจแบบผิดๆ การลอยตัวของอากาศร้อนออกทางหลังคา เป็นเรื่องที่ช่วยให้การระบายอากาศดีขึ้น ซึ่งแตกต่างจากเรื่องกับการทำให้ห้องเย็นลง โดยเฉพาะการเปิดช่องให้อากาศร้อนลอยหนีออกจากห้องไปทางหลังคาที่ไม่ถูกต้อง เช่น กล่าว่วาวิธีที่ให้อากาศร้อนลอยตัวออกทางหลังคาที่ดีที่สุด ต้องให้ช่องเปิดอยู่บนและตรงกับช่องระบายอากาศร้อน ต้องอย่าลืมว่าการกระจายความร้อนของอากาศร้อนมีทั้งการพา และการแผ่รังสีด้วย เพราะอากาศร้อนบนหลังคาต้องมีอุณหภูมิสูงกว่าในห้อง ไม่เช่นนั้นจะไม่ลอยขึ้นไปเหนือฝ้าเพดาน ดังนั้น การเจาะช่องระบายอากาศร้อนขึ้นหลังคาที่ไม่ถูกต้อง จะเป็นการนำความร้อนเข้ามาในห้องแทนที่จะลดความร้อนในห้อง

โดยข้อเท็จจริง อากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า (เรียกว่าอากาศร้อน) มีมวลอากาศที่หนาแน่นน้อยกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า (เรียกว่าอากาศเย็น) การที่มีความหนาแน่นของมวลน้อยกว่าจึงส่งผลให้น้ำหนักต่อหน่วยต่ำกว่า ดังนั้นอากาศที่ร้อนกว่า (ไม่จำเป็นต้องมีอุณหภูมิสูงๆถึงเรียกว่าร้อน) จึงถูกแทนที่ด้วยอากาศเย็นกว่า ทำให้อากาศที่ร้อนกว่าอยู่เหนือชั้นอากาศที่เย็นกว่า เลยกกลายเป็นอากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้น เหมือนกับน้ำมันลอยตัวเหนือน้ำ เพราะน้ำมันมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ จะแทรกตัวอย่างไรก็จะถูกผลักดันอยู่เหนือน้ำในที่สุด ดังนั้น การที่ปล่อยให้อากาศที่ร้อนกว่าลอยหนีออกไปนอกอาคาร และอากาศที่เย็นกว่า (อุณหภูมิต่ำกว่าแต่อาจยังร้อนอยู่) ที่อยู่ระดับล่างไหลเข้ามาแทนที่ ลักษณะเช่นนี้จึงเกิดการระบายอากาศขึ้นได้ โดยอาศัยการไหลถ่ายเทของอากาศที่มีอุณหภูมิต่างกัน อยากจะเน้นในที่นี้ให้เข้าใจให้ถูกต้องว่า อากาศร้อนโดยความหมายไม่ใช่ “ร้อนจริง” อากาศเย็นไม่ใช่ “เย็นจริง” แต่เป็นอุณหภูมิสูงกว่าและต่ำกว่าเท่านั้น ดังนั้นการที่ไปเข้าใจว่า ได้ค้นพบวิธีทำให้ห้องเย็นลงโดยอาศัยการลอยตัวของอากาศร้อนจึงเป็นการเข้าใจที่ผิด และไปสรุปว่าการบีบให้ช่องว่างระหว่างหลังคากับเพดานให้เหลือน้อย จะทำให้เกิดการลอยตัวของอากาศดีขึ้น โดยไปคิดบนพื้นฐานว่าอากาศน้อยจะทำให้อากาศร้อนเร็วกว่าและร้อนมากกว่านั้น เป็น

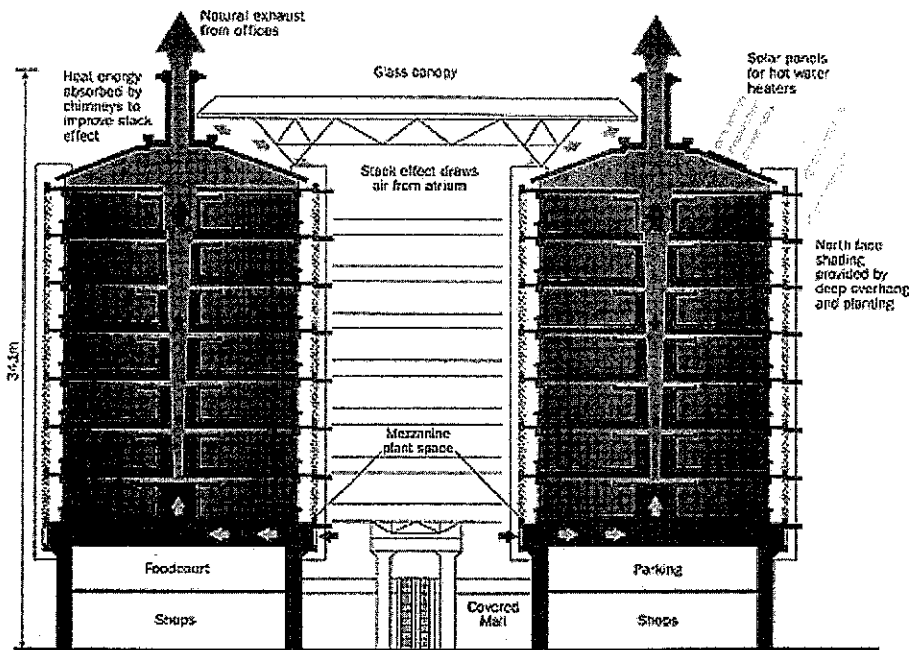
ความเข้าใจที่ผิด เพราะตามที่กล่าวแต่ต้นแล้วว่า คำว่าอากาศร้อนมีความหมายว่า อุณหภูมิสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของอากาศข้างเคียง ไม่ใช่อุณหภูมิร้อน อากาศที่สัมผัสผิวล่างของกระเบื้องจะร้อนก่อนอากาศส่วนอื่น ดังนั้น อากาศส่วนนี้จะมี ความหนาแน่นน้อยกว่าและถูกแทนที่ด้วยอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าทันที ไม่ว่าจะบีบชั้น อากาศให้บางหรือไม่อย่างไร จึงไม่ใช่ประเด็น

หลักการในการใช้อากาศร้อนเหนี่ยวนำการระบายอากาศนั้น จะต้องคำนึงถึง ปริมาตรอากาศสองส่วน คือ ส่วนที่ต้องการระบายอากาศ กับอีกส่วนหนึ่งเป็นส่วน อากาศร้อน ทั้งสองส่วนนี้จะต้องถูกกันด้วยวัสดุฉนวนความร้อนอย่างเด็ดขาด เพื่อไม่ ให้ความร้อนจากส่วนอากาศร้อนผ่านเข้ามายังส่วนที่ต้องการระบายอากาศ ไม่ว่าจะเป็น การพาหรือการแผ่รังสี เนื่องจากว่าอากาศร้อนจะลอยตัวสูง ดังนั้นการเจาะ ให้อากาศที่ระบายออกทางส่วนอากาศร้อนจะต้องเจาะทะลุกันตรงส่วนล่างที่สุดของ ส่วนระบายอากาศ ไม่ใช่เจาะให้ตรงช่องที่ระบายความร้อนออก สำหรับการนำไปใช้ขึ้น อยู่กับว่า พื้นที่ ๆต้องการระบายอากาศนั้นเป็นลักษณะใด เช่น เป็นห้องที่ติดกับหลังคา ห้องที่เป็นโถงสูงมาก ๆ หรือห้องที่ไม่ติดกับหลังคา

1. ห้องที่ติดหลังคา ใช้หลังคาที่ทำจากวัสดุโลหะ เช่น เหล็กแผ่น หรือ สังกะสีแผ่น ซึ่งมีความจุความร้อนน้อย และเป็นตัวนำความร้อนที่ดี หากผิวเป็นสีดำ เพื่อลดการ สะท้อนรังสีความร้อน และเพิ่มการดูดซับความร้อน ทำให้อากาศใต้หลังคาเร็ว ให้ พื้นที่หลังคาทั้งหมดหันไปทางทิศใต้ เพื่อมีพื้นที่รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ให้มากที่สุด และเจาะช่องเปิดระบายอากาศทางยอดสูงสุดของหลังคา เพดานจำเป็นต้องปิดสนิท และ เป็นฉนวนความร้อน เพื่อให้อากาศร้อนใต้หลังคาแผ่รังสีความร้อนลงมาที่ห้อง ข้างล่างให้น้อยที่สุด จากนั้นทำช่องนำระบายอากาศ เชื่อมต่อห้องที่ต้องการระบาย อากาศกับส่วนอากาศร้อนเหนือฝ้าเพดาน โดยให้ทางเข้าของอากาศอยู่ส่วนล่างสุด ของห้อง ช่องนำระบายอากาศนี้ทำหน้าที่คล้ายหลอดกาแฟ หลังคาได้รับความร้อนจาก ดวงอาทิตย์จะทำให้อากาศใต้หลังคาเร็ว และลอยตัวหนีออกทางช่องระบายอากาศที่ ยอดหลังคา ทำให้อากาศใต้หลังคามีความหนาแน่นต่ำ อากาศในห้องที่มีความหนา แน่นมากกว่าจะไหลเข้าแทนที่โดยผ่านช่องนำระบายอากาศที่ทำหน้าที่คล้ายหลอดกาแฟ ทำให้อากาศในห้องมีความหนาแน่นน้อยลง จึงมีการดูดอากาศจากภายนอกอาคารเข้า



รูปที่ 4 ภาพตัดและภาพ 3 มิติแสดงการเหนี่ยวนำการระบายอากาศด้วยอากาศร้อนที่ถูกดูด



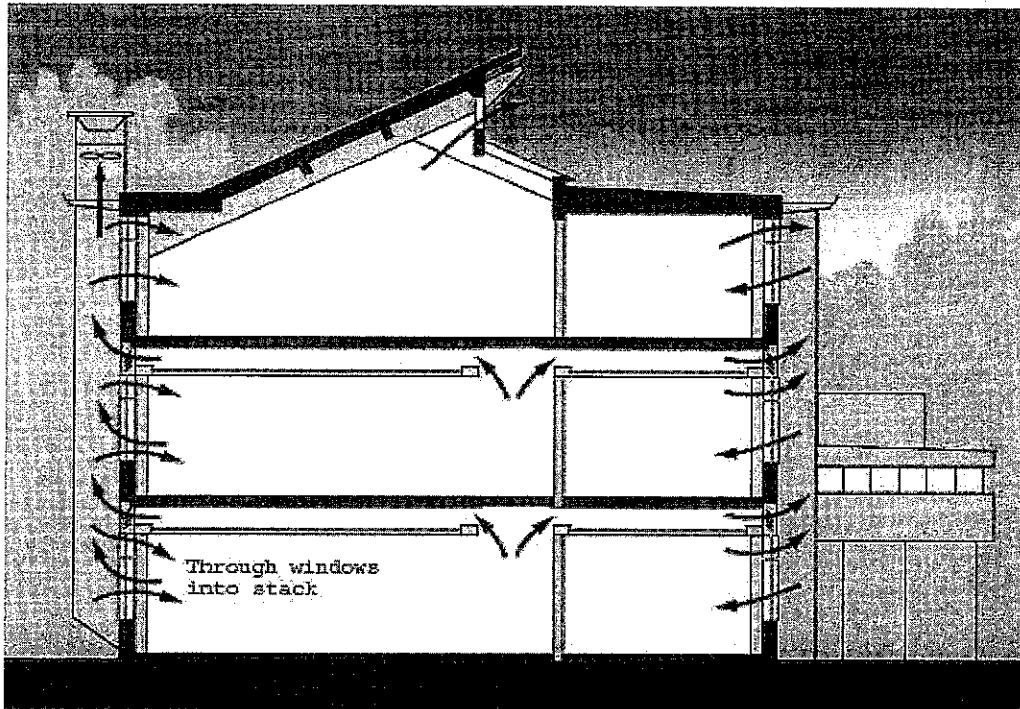
รูปที่ 5 อาคาร The Inland Revenue Center ที่เมือง Nottingham, UK ระบายอากาศโดยอากาศร้อนจากโด่งสูง

แทนที่อากาศในห้อง การระบายอากาศจึงเกิดขึ้นในลักษณะที่กล่าวนี้ ถ้าอากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูง การดูดเอาอากาศภายนอกเข้าไปจึงเป็นการนำความร้อนเข้าไปด้วย ซึ่งได้กล่าวตั้งแต่ต้นแล้วว่า การระบายอากาศกับการทำให้ห้องเย็นลงแตกต่างกัน ถ้าต้องการให้ลมที่ดูดเข้าไปเป็นลมที่มีอุณหภูมิที่ต้องการ ต้องไปผ่านตัวกลางที่สามารถรับความร้อนจากอากาศไปก่อน เช่น ไปผ่านน้ำ ผ่านได้รุ่มไม้หนาทึบ เป็นต้น

2. อาคารที่มีโด่งสูง อาจใช้โด่งสูงระบายอากาศทางยอดของโด่งสูงโดยตรงก็ได้ โดยไม่ต้องมีฝ้าเพดานที่เป็นฉนวนกันระหว่างห้องอากาศร้อนกับห้องระบายอากาศ ทั้งนี้โด่งสูงที่เป็นปล่องความร้อน จะต้องห่างจากห้องระบายอากาศมากพอที่ความร้อนในยอดโด่งสูงแผ่รังสีความร้อนลงมาถึง

3. ในกรณีที่เป็นอาคารหลายชั้น และไม่มีโด่งสูง การระบายอากาศด้วยการเหินยวนำจากการลอยตัวของอากาศร้อนยังทำได้โดยใช้วิธีที่เรียกว่า “Sun space” เป็นวิธีการที่สร้างห้องกระจกอยู่ด้านข้างของห้องที่ต้องระบายอากาศ ให้อากาศในห้องนี้ร้อน แล้วลอยออกทางยอดห้องออกไป ทำให้ความหนาแน่นของอากาศในห้องนี้ลดลง อากาศในห้องที่ต้องการระบายมีความหนาแน่นสูงกว่าจึงไหลเข้าแทนที่อากาศใน “Sun space” ซึ่งเป็นวิธีการระบายอากาศด้วยการเหินยวนำจากอากาศร้อนในที่แนวนราบ โดยเดิม ทั้ง “Sun space” เป็นวิธีการของ “Passive Heating” ซึ่งสามารถปรับปรุงทำให้เกิดการเหินยวนำเพื่อการระบายอากาศได้

โดยสรุป การระบายอากาศคือการระบายอากาศ ไม่เกี่ยวข้องกับการลดอุณหภูมิของห้องโดยตรง มีวัตถุประสงค์หลักๆ อยู่สองประการตามที่กล่าวข้างต้น และการที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ข้างต้น ต้องอาศัยวิธีการอย่างอื่นประกอบจึงจะทำให้การระบายอากาศที่เกิดขึ้นแล้ว สร้างคุณภาพอากาศในห้องที่ดี และเพิ่มระดับความสบายขึ้น



รูปที่ 6 ภาพตัดขวางของอาคารหลายชั้นที่มี Sunspace อยู่ด้านข้างเพื่อให้เกิดการเหนี่ยวนำการระบายอากาศโดยอาศัยการลอยตัวของอากาศร้อน

ภายในห้อง กรรมวิธีอื่นที่ต้องทำร่วมกับการระบายอากาศ คือ ให้อากาศต้นทางที่จะถูกดูดเข้าไปในห้องให้ไปผ่านตัวกลางที่ติดก่อน อาทิ เช่น ผ่านท่อกกลางดอกไม้หอม ผ่านพื้นที่อากาศบริสุทธิ์ ผ่านได้ร่มไม้ใหญ่ เป็นต้น หรือในทางตรงข้าม ไม่ควรให้อากาศต้นทางไปผ่านลานคอนกรีตที่ร้อน หรือสนามหญ้าที่ไม่มีร่มไม้ หรือผ่านกองขยะ หากมีอากาศถ่ายเทเข้าไปในห้องอย่างดี แต่ผ่านสิ่งที่ไม่พึงปรารถนาอากาศจะไม่เป็นอากาศคุณภาพอย่างแน่นอน

เอกสารอ้างอิง

Todd Willmert, The Return of Natural Ventilation, Continuing Education, Architectural Record, July 2001.

The Environmental Building - A Model for the 21st Century; Report, The Energy Efficient Office, Department of The Environment Transport and The Regions, USA.

ประวัติผู้เขียน

รองศาสตราจารย์ อีรมน ไวโรจนกิจ

สท.บ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2515

สท.ม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2518 ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ระดับ 9

สังกัดภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ตำแหน่งบริหาร รองอธิการบดี กำกับดูแลงานแผนและนโยบาย