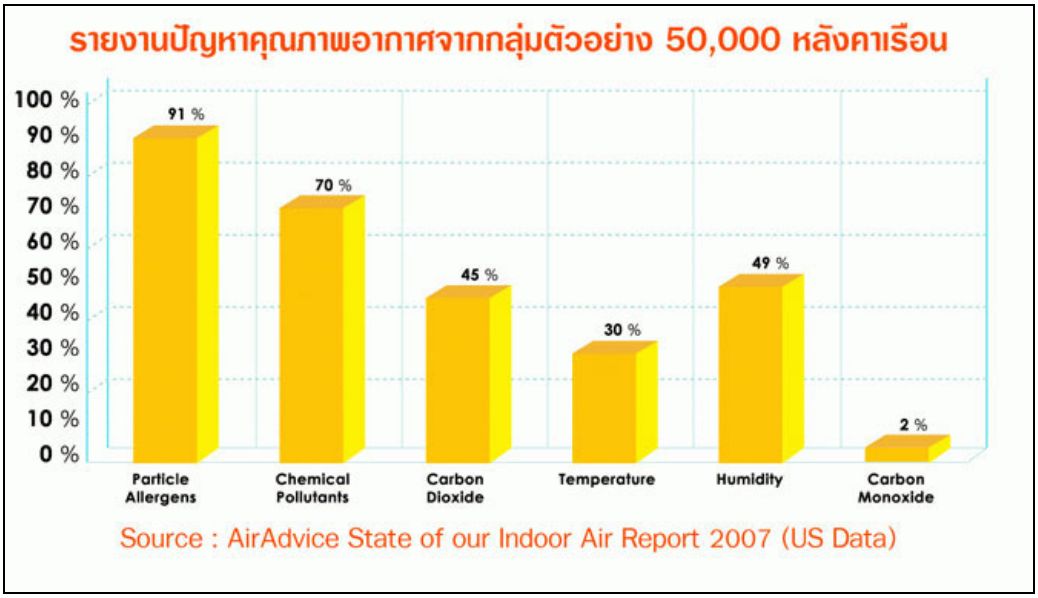
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันผู้คนส่วนมักใช้เวลาในการทำกิจกรรมต่างๆภายในอาคาร เช่น ทำงาน, นอนหลับ, พักผ่อน, รับประทานอาหาร, ออกกำลังกาย วันละหลายๆชั่วโมง ภายในอาคารต่างๆมีปริมาณมลพิษที่สูงกว่าภายนอกอาคาร ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดปัญหาสุขภาพ ทำให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ และทำให้ประสิทธิภาพในการเรียนหรือการทำงานของผู้ที่อาศัยภายในอาคารลดลง

2.1 คุณภาพอากาศภายในอาคาร [1]

จากวิกฤตการณ์พลังงานเมื่อ พ.ศ.2513 ทำให้เกิดมาตรการต่างๆ เพื่อประหยัดพลังงานในอาคาร ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบอาคารให้สามารถใช้แสงธรรมชาติอย่างเหมาะสมและการลดปริมาณอากาศบริสุทธิ์เพื่อลดภาระพลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศ เป็นผลให้คุณภาพอากาศภายในอาคารลดต่ำลง อาจมีอัตราการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอและมีการปนเปื้อนของสารมลพิษ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดอาการเจ็บป่วยไม่สบายตัว วิงเวียนศีรษะ และหากได้รับสารมลพิษติดต่อกันเป็นเวลานานจะเป็นต้นเหตุของกลุ่มโรคอาคารป่วย (Sick Building Syndromes: SBS) ที่เกิดขึ้นภายในอาคาร

โรคอาคารป่วยที่เกิดขึ้นภายในอาคาร ประกอบไปด้วยอาการแพ้ ระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ระคายเคืองตา และผิวหนัง ตลอดจนการสะสมในเนื้อเยื่อก่อให้เกิดโรคมะเร็ง นอกจากนี้หากได้รับสารบางชนิดในปริมาณมากอาจทำให้เสียชีวิตได้ คุณภาพอากาศภายในอาคารที่ไม่ดีก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจขององค์กรและของชาติไม่ว่าจะเป็น ค่าใช้จ่ายในการรักษาอาการเจ็บป่วย ค่าประกันสุขภาพที่ต้องจ่ายเพิ่มเวลาที่ใช้ในการพักฟื้น ทั้งยังทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง 1.5 - 6% ต่อปี (US National Energy Management Institute, 1994) นอกจากนี้ทำให้เกิดความสูญเสียต่อภาพรวมทางด้านเศรษฐกิจของประเทศ จากรายงานของ US EPA ในปีค.ศ.1989 ได้ประมาณความสูญเสียที่เกิดจากคุณภาพอากาศที่ไม่ดีต่อภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม คิดเป็นมูลค่า หลายหมื่นล้านดอลลาร์ต่อปี (US EPA, 1989) ดังนั้นในกลุ่มประเทศในซีกโลกตะวันตกและบางประเทศในทวีปเอเชีย ซึ่งเป็นกลุ่มประเทศที่พัฒนาจึงตระหนักและให้ความสำคัญอย่างมากในเรื่องของคุณภาพอากาศภายในอาคาร



รูปที่ 2.1 ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารจากกลุ่มตัวอย่าง [1]

อากาศที่มีสิ่งปนเปื้อนหรือมลภาวะทางอากาศสามารถก่อให้เกิดอาการเจ็บป่วยต่างๆ มีสาเหตุต่างกันหลายประการเช่น ไอเสียจากรถยนต์ที่มีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เรดอนที่แพร่ออกมาจากดิน และ วัสดุก่อสร้าง เชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตในคอยล์ทำความเย็น สภาวะการปรับอากาศภายในอาคารไม่เหมาะสมทำให้น้ำที่รั่วซึมเข้ามาตามรอยร้าวของอาคาร หรือ ไอน้ำที่กลั่นตัวภายในอาคาร ทำให้เกิดเชื้อราและจุลินทรีย์ การนำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้าสู่อาคารไม่เพียงพอ กลิ่นจากระบบสุขาภิบาลไหลย้อนเข้าสู่อาคาร วัสดุที่ใช้ก่อสร้างหรือตกแต่งอาคารปล่อยสารเคมีออกมา การเคลื่อนที่ของอากาศภายในตัวอาคารลดลง มลพิษจากอุปกรณ์และเครื่องใช้สำนักงาน ควันบุหรี่ สาเหตุต่าง ๆ เหล่านี้ก่อให้เกิดก๊าซที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ สารแต่ละชนิดมีผลต่อสุขภาพต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณและระยะเวลาที่ได้รับสารมลพิษ

2.2 โรคอาคารป่วย (Sick Building Syndrome) [2]

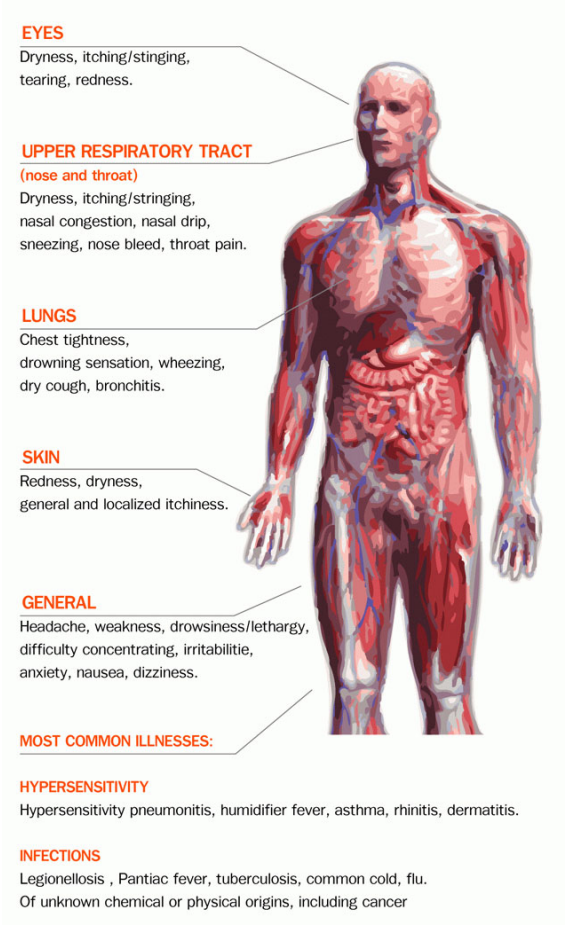
การที่ต้องทำงานในสภาวะแวดล้อมที่มีมลพิษทางอากาศเป็นเวลานาน อาจจะก่อให้เกิดโรคทางเดินหายใจ ภูมิแพ้ ในบางรายอาจจะก่อให้เกิดการระคายเคือง เกิดอาการคันตามผิวหนังได้ มลพิษที่เกิดขึ้นในอาคารสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆคือ ประเภทที่ 1 มลพิษทางชีวภาพ ได้แก่ เชื้อรา แบคทีเรีย ฝุ่น ไรฝุ่น ขนสัตวเลี้ยง และเกสรดอกไม้, ประเภทที่ 2 มลพิษทางเคมี ได้แก่ กลิ่นควันบุหรี่ สารระเหยจากสีทาผนัง กลิ่นฟอร์มัลดีไฮด์จากผลิตภัณฑ์ไม้อัด และกลิ่นก๊าซต่างๆ, ประเภทที่ 3 มลพิษทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณฝุ่งละอองในอากาศขนาดเล็กหรือ PM10 ฝุ่นจากเครื่องถ่ายเอกสาร

ความเร็วลม ความชื้น และอุณหภูมิ ด้วยเหตุนี้การอยู่ภายในอาคารที่มีปริมาณมลพิษทางอากาศสูงเป็นเวลานานๆ สามารถทำให้เกิดโรคที่เรียกว่า “โรคอาคารป่วย” หรือ Sick Building Syndrome ได้ โรคนี้เกิดจากการที่ผู้อยู่อาศัยอยู่ในอาคารเกิดการไม่สบายอย่างเฉียบพลัน ไม่พบสาเหตุชัดเจน แต่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพอากาศภายในอาคาร เมื่อออกจากอาคารอาการป่วยจะรู้สึกดีขึ้น สาเหตุของโรคเกิดจาก อากาศถ่ายเทไม่เพียงพอ ทำให้อากาศภายในอาคารมีการสะสมของมลพิษมากขึ้น, สารเคมีที่ฟุ้งกระจายภายในอาคาร เช่น ยา กลิ่นสารเคมี น้ำยาฆ่าเชื้อโรค กลิ่นสีทาอาคาร, สารเคมีจากภายนอกอาคาร, และสารชีวภาพ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส เชื่อราประเภทต่างๆ

องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (US PEA) ได้อธิบายความหมายของ “Sick Building Syndrome, SBS” หรือ กลุ่มอาการป่วยว่าเป็น “สถานการณ์ที่คนทำงานในอาคาร เกิดความผิดปกติทางสุขภาพ หรือเกิดผลกระทบต่อความสบายในการทำงาน เนื่องจากสาเหตุหลากหลายที่ดูเหมือนจะมีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่อยู่ในอาคาร แต่ไม่สามารถระบุสาเหตุที่แน่นอนได้ ปัญหาอาจเกิดขึ้นเฉพาะส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคาร หรือทุกส่วนของอาคารก็ได้ อาคารที่พบ ได้แก่ คัดจมูก น้ำมูกไหล เคืองตา ไอ แน่นหน้าอก อ่อนล้า ปวดศรีษะ อาการป่วยดังกล่าว เป็นอาการที่ไม่มีลักษณะเฉพาะของโรคและมักจะหายเมื่อออกจากอาคาร”

องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้ให้คำนิยามของคำว่า Sick Building Syndrome ว่าเป็นอาการระคายเคืองของผิวหนัง และเยื่อบุที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน รวมถึงอาการปวดศรีษะ อ่อนเพลีย และไม่มีสมาธิ ซึ่งรายงานจากผู้ที่ทำงานในอาคารสำนักงานใหม่ และอาคารที่ผู้อาศัยอย่างน้อยร้อยละ 10-30 มีอาการระคายเคือง เจ็บป่วย และอาการข้างเคียงอื่นๆ ที่อาจมีสาเหตุจากอาคารที่อยู่ แต่ไม่สามารถตรวจพบอาการทางคลินิกได้

นอกจากนี้ มีคำอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องอีก เช่น Tight Building Syndrome หมายถึง ความเจ็บป่วยที่เกิดจากการทำงาน อยู่ในอาคารที่มีการระบายอากาศไม่เพียงพอ ซึ่งมีความหมายที่แคบกว่า หรือความเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับอาคาร (Building-related Illness) และความเจ็บป่วยที่เกิดจากสาเหตุจำเพาะในอาคาร (Specific Building-related Illness) โดย 2 คำหลังนี้ ใช้เฉพาะในกรณีที่ทราบสาเหตุของโรค เช่น เกิดจากสารแขวนลอยในอากาศภายในอาคาร ฝุ่น อินทรีย์ โปรตีนจากสัตว์ หรือเชื้อโรค ซึ่งแม้ว่าผู้ป่วยได้ออกจากอาคารแล้ว จะต้องใช้เวลาพักรักษาตัว ตัวอย่างเช่น โรคลิจิแนร์ (Legionnaire’s disease) โรคภูมิแพ้ และไข้หวัดใหญ่ เป็นต้น



รูปที่ 2.2 อาการผิดปกติของร่างกายจากคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ต่ำ [1]

อาการของโรคสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 กลุ่มคือ 1.กลุ่มอาการระคายเคืองตา มีอาการตาแห้ง แสบตา น้ำตาไหล ตาแดง, 2.กลุ่มอาการคัดจมูก มีอาการคัดจมูก ระคายเคืองคอ จาม ไอ คล้ายโรคภูมิแพ้และมีอาการตลอดเวลาเมื่ออาศัยอยู่ในอาคาร, 3.กลุ่มอาการทางลำคอ มีอาการคอแห้ง ระคายคอ หายใจลำบาก, 4.กลุ่มอาการทางผิวหนัง มีอาการผิวหนังแห้ง คัน เป็นผื่น ผิวหนังอักเสบ, 5.กลุ่มอาการปวดศีรษะ มึนงง เมื่อยล้า มีอาการปวดศีรษะบริเวณหน้าผาก เหนื่อยล้า มึนงง ขาดสมาธิในการทำงาน การเจ็บป่วยในลักษณะนี้อาการจะไม่หาย ถึงแม้ว่าจะออกไปจากอาคารแล้วก็ตามและใช้เวลานานกว่าอาการจะหายไป

ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดความรู้สึกสบายในอาคาร เป็นปัจจัยร่วมกันที่กำหนดการแลกเปลี่ยนความร้อนของมนุษย์กับสิ่งแวดล้อมด้วย ดังนี้

- อุณหภูมิ ควรมีการควบคุมอุณหภูมิของอากาศภายในอาคาร ให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมค คือ 24 องศาเซลเซียส หรือในช่วง 23-26 องศาเซลเซียส โดยให้เป็นที่ยอมรับของร้อยละ 80 ของผู้ที่อยู่ในอาคารเดียวกัน (สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย)
- ความชื้นสัมพันธ์ ความสัมพัทธ์สูงเกินไป ทำให้เหงื่อระเหยยาก รู้สึกร้อน และอึดอัด ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่น้อยเกินไป ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง จมูก จนบางครั้งอาจทำให้เข้าใจผิดได้ว่า เกิดจากการระคายเคืองของสารเคมีในอาคาร ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม จึงควรอยู่ในช่วงร้อยละ 30-70
- ความเร็วลม ความเร็วลมที่สูงเกินไป ทำให้รู้สึกหนาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากอุณหภูมิต่ำด้วย ในทางตรงกันข้าม หากอากาศร้อน และความเร็วลมต่ำ ลมก็จะพาความร้อนออกจากร่างกายไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้เกิดความรู้สึก อบอ้าว อึดอัด
- การแผ่รังสีความร้อน เกิดจากการที่วัสดุมีอุณหภูมิพื้นผิวที่สูง หรือต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศภายในห้อง เช่น ฝ้าเพดานที่เย็นจัด เนื่องจากเป็นทางลมกลับของเครื่องปรับอากาศ ร่างกายมนุษย์ก็จะแผ่รังสีความร้อน ไปยังฝ้าเพดานทำให้รู้สึกเย็น ในทางตรงกันข้าม กระจกด้านที่ถูกแสงแดดส่อง ก็จะแผ่รังสีความร้อน มายังผู้อยู่อาศัย จึงทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกร้อนกว่าปกติ แม้ว่าอุณหภูมิในห้องจะอยู่ในเกณฑ์ปกติก็ตาม

2.2.1 ผลกระทบต่อสุขภาพ [1]

รา (FUNGUS)

ก่อให้เกิดโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ เช่น ภูมิแพ้, หอบหืด, โรคโพรงจมูกอักเสบ, คัดจมูก, ระคายเคืองตา

ไรฝุ่น (DUST MITES)

ก่อให้เกิดโรคภูมิแพ้ และเป็นปัญหาเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ

ยาฆ่าแมลง (PESTICIDES)

ก่อให้เกิดอาการปวดศีรษะ, วิงเวียน, คลื่นไส้, เกิดอาการแพ้สารเคมีหลายชนิด, โรคมะเร็ง, พิการแต่กำเนิด,และทำลายพันธุกรรม

ก๊าซและสารระเหย (GASES)

ก่อให้เกิดการทำลายระบบประสาท, เกิดเป็นสารก่อมะเร็ง, เปลี่ยนแปลงพันธุกรรม และเกิดการระคายเคือง

โลหะ (METALS)

ก่อให้เกิดการทำลายสมองอย่างถาวร

ฉนวนใยหิน (ASBESTOS)

ก่อให้เกิดมะเร็งปอดและปัญหาทางเดินหายใจ

ฉนวนใยแก้ว (FIBERGLASS)

ก่อให้เกิดอาการคันและระคายเคือง

2.2.2 มลพิษทางอากาศภายในอาคารที่พบได้ทั่วไป [1]

ตัวอย่างสารมลพิษต่างๆ ที่พบได้ทั่วไป และผลกระทบที่มีต่อสุขภาพ

ก) สารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยเป็นไอ (Volatile Organic Compounds: VOCs)

เบนซีน (Benzene)

เป็นสารที่ปล่อยออกมาระหว่างการสูบบุหรี่ การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ กาว สี และสารทำความสะอาด อันตรายที่เกิดจากการได้รับเบนซีนนั้น มีความรุนแรงอาจทำให้ถึงแก่ชีวิตได้หากได้รับปริมาณที่สูงมาก เกิดอาการหมดความรู้สึก อาการมึนงง เกิดอาการระคายเคืองของดวงตา และทางเดินหายใจ นอกจากนี้ยังเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์

ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde)

เป็นสารที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอย่างรุนแรง เป็นสารที่ออกมาจากวัสดุก่อสร้างอาคาร ไม้อัด เอ็มดีเอฟบอร์ด วัสดุที่ใช้เป็นฉนวนกันความร้อน กาว ออกมาจากกระบวนการเผาไหม้ และการสูบบุหรี่ นอกจากนี้ยังถูกจัดให้เป็นสารที่มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคภายในอาคารถึง 4% สารฟอร์มาลดีไฮด์ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจส่วนบน เกิดอาการระคายเคืองดวงตา จมูก ลำคอ ทำให้เกิดอาการน้ำมูก น้ำตาไหล ไอระเหยของฟอร์มาลดีไฮด์ยังทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง และยังเป็นสาเหตุหนึ่งของอาการหอบหืด นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบประสาท ก่อให้เกิดอาการวิงเวียนศีรษะ อ่อนเพลีย สภาวะบกพร่องด้านความทรงจำ และสมาธิ และเกิดการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์

เมธีลีนคลอไรด์ (Methylene Chloride)

เป็นส่วนผสมในตัวทำละลาย สารลอกสี สีสเปรย์ และเป็นสารปนเปื้อนในอากาศที่พบได้ทั่วไป การได้รับเมธีลีนคลอไรด์ ทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบประสาท ระบบการมองเห็น และการได้ยิน หากได้รับในปริมาณมากจะส่งผลกระทบต่อเวลาที่ใช้ในการตอบสนองต่อสิ่งต่างๆ และการทรงตัว การได้รับเมธีลีนคลอไรด์ เป็นระยะเวลานานในความเข้มข้นสูงจะทำให้ระบบประสาทถูกทำลายอย่างถาวร นอกจากนี้ยังถูกจัดเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์

สไตรีน (Styrene)

เป็นสารที่พบได้จากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ การสูบบุหรี่ วัสดุก่อสร้าง และอุปกรณ์ใช้สอยต่างๆ เป็นสารที่มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดอาการหืดหอบ ทำให้เกิดอาการมึนงง หดหู่ สมาธิสั้น วิงเวียนศีรษะ เคลิบเคลิ้ม คลื่นไส้ เกิดการระคายเคืองต่อดวงตา และเยื่อบุต่างๆ และผลกระทบต่อระบบประสาท

เตตระคลอโรเอทิลีน (Tetrachloroethylene)

เป็นสารที่ใช้เป็นตัวทำละลายในน้ำยาซักแห้ง สารทำความสะอาดไขมันจากโลหะ นอกจากนี้ยังพบในวัสดุก่อสร้างอาคาร และผลิตภัณฑ์กำจัดรอยเปื้อน น้ำมันหล่อลื่น กาว และสารทำความสะอาดไม้ อันตรายจากการได้รับเตตระคลอโรเอทิลีน ทำให้เกิดผลกระทบต่อตับ ไต และระบบประสาท

ส่วนกลาง ผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลางขึ้นอยู่กับปริมาณที่ได้รับ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ พฤติกรรม การประสานงานกันระหว่างระบบต่างๆ และเกิดภาวะไร้ความรู้สึก การได้รับเตตระคลอโรเอทิลีนเป็นเวลานาน ในระดับความเข้มข้นต่ำจะทำให้ตับเป็นพิษ ทำให้การรับรู้แย่ลง ความตั้งใจและสติปัญญาลดลง และยังถูกจัดให้เป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์

โทลูอีน (Toluene)

โทลูอีน พบได้ในน้ำมันเชื้อเพลิง จากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ จากการสูบบุหรี่ พบในสี น้ำยาทาเล็บ กาว และวัสดุที่ใช้ในอาคาร ผลกระทบต่อสุขภาพมีตั้งแต่ วิงเวียนศีรษะ คลื่นไส้อาเจียน ความสนใจ ตั้งใจลดลง เกิดอาการเคลิบเคลิ้ม มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ อาจทำให้เกิดอาการภูมิแพ้ เกิดการระคายเคืองต่อดวงตา และเยื่อบุต่างๆ ทำลายระบบประสาท และอาจเกิดผลกระทบต่อหัวใจ ทำให้หัวใจเต้นผิดปกติ อาจทำให้เสียชีวิตได้ ผลกระทบต่อระบบประสาท อาจทำให้เสียการทรงตัว เกิดผลกระทบต่อการพูด การได้ยิน การควบคุมกล้ามเนื้อ ความจำ และความสามารถในการคิด มีผลกระทบต่อไต และยังถูกจัดเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์

ข) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

คาร์บอนมอนนอกไซด์เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ทั้งในเครื่องยนต์และการเผาไหม้ทั่วไป สามารถรวมตัวกับเฮโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจน 200-250เท่า ทำให้เลือดที่ถูกนำไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายขาดออกซิเจน ถ้าได้รับคาร์บอนมอนอกไซด์ปริมาณน้อยๆ จะเป็นผลให้เกิดอาการหน้ามือ วิงเวียน อ่อนเพลีย ถ้าได้รับเข้าไปมากทำให้ถึงตายได้

ค) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)

ไนโตรเจนไดออกไซด์ เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์และการเผาไหม้ เป็นก๊าซพิษที่ทำลายเยื่อบุหลอดลมส่วนปลาย และถุงลมทำให้ผนังถุงลมบางโป่งพอง ถุงลมเล็กๆ หลายอันแตกรวมกันเป็นถุงลมใหญ่ ทำให้มีถุงลมจำนวนน้อย การยืดหยุ่นในการหายใจเข้าออกน้อยลง ทำให้เกิดโรคถุงลมโป่งพอง

ง) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นแก๊สที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเมื่อภูเขาไฟระเบิด แต่ในปัจจุบันก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศเกือบทั้งหมดเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ การเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง จากโรงงานไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีกลิ่นฉุนแสบจมูก และจะมีอันตรายมากขึ้นเกาะตัวกับฝุ่นละอองคือทำให้แสบตา ระคายคอ แน่นหน้าอก ความชื้นและออกซิเจนในอากาศทำให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์กลายเป็นละอองกรดซัลฟิวริก ซึ่งเป็นฝนกรดที่เป็นอันตรายร้ายแรงต่อเนื้อเยื่อบุผิวของร่างกาย เป็นต้น

2.3 ระบบระบายอากาศ [3]

ระบบการระบายอากาศ คือ การถ่ายเทอากาศร้อนหรืออากาศเสียภายในห้องออกภายนอกห้อง และให้มีอากาศที่บริสุทธิ์กว่าเข้าไปแทนที่ อากาศจะต้องมีการถ่ายเทตลอดเวลา จนอุณหภูมิภายนอกห้องและภายในห้องใกล้เคียงกับอุณหภูมิบรรยากาศ ซึ่งการถ่ายเทนี้จะคิดเป็นครั้ง/ชั่วโมง ซึ่งจะเรียกเป็น Air Change ตัวอย่างเช่น 10 Air change หมายความว่าอากาศภายในห้องทั้งหมด จะถ่ายเทออกภายนอกจำนวน 10 ครั้ง ภายใน 1 ชั่วโมง หรือใช้เวลา 6 นาที ถ่ายเทได้หมดห้อง การถ่ายเทอากาศจะใช้พัดลม Blower หรือพัดลม Axial Fan เป็นตัวช่วยระบายออก

2.3.1 ชนิดของการระบายอากาศ [4]

โดยหลักการแล้วสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ตามลักษณะของการใช้งาน

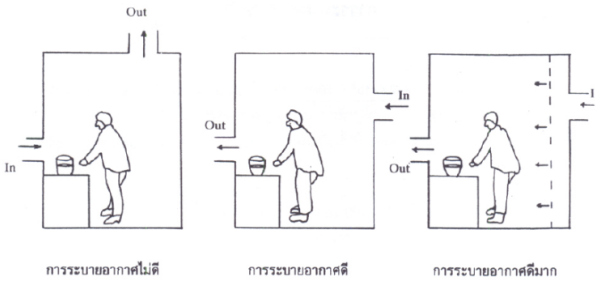
2.3.1.1 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural Ventilation) เป็นที่นิยมและใช้กันมาก โดยอาศัยความดันที่แตกต่างในแต่ละพื้นที่ ทิศทางการไหลของอากาศ แรงยกตัวของอากาศ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน เป็นตัวกำหนด โดยทั่วไปแล้วการระบายอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิและกลิ่นในอาคารหรือโรงงาน ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบจะแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ เช่น ถ้าห้องที่ไม่มีการสูบบุหรี่อัตราการระบายจะอยู่ที่ 5-7m^3/man และถ้ามีการสูบบุหรี่จะต้องเพิ่มมากขึ้น 25-40m^3 /man เป็นต้น

2.3.1.2 การระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง (Dilution Ventilation) เป็นการระบายอากาศเพื่อลดความเข้มข้นของมลพิษ ซึ่งปนเปื้อนอยู่ภายในสถานประกอบการ ด้วยอากาศบริสุทธิ์จากภายนอก

2.3.1.3 การระบายอากาศเฉพาะที่ (Local Exhaust Ventilation) เป็นวิธีที่ได้ผลมากที่สุด เป็นการแก้ปัญหามลพิษทางอากาศที่แหล่งกำเนิดโดยตรง

2.3.2 ตัวอย่างระบบระบายอากาศ

แสดงการระบายอากาศโดยนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาในห้องปฏิบัติการเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารเคมีขณะปฏิบัติงาน ในภาพนี้จะแสดงถึงระบบการระบายอากาศที่ยังไม่ดี ดี และดีมากตามลำดับในแต่ละภาพจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่ทำให้ไม่เกิดการปนเปื้อนและทิศทางการไหลของอากาศ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานนั้นได้รับอากาศที่มีการปนเปื้อนน้อยลง



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างระบบระบายอากาศ [4]

2.3.3 ประโยชน์ของการระบายอากาศ [5]

การระบายอากาศนับได้ว่าเป็นวิธีการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในบรรดามาตรการป้องกันและควบคุมอันตรายจากสภาพแวดล้อมการทำงาน ทั้งนี้ เพื่อผลในด้านการป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดต่อสุขภาพอนามัยของผู้อยู่อาศัยหรือบุคคลที่คลุกคลี หรือเกี่ยวข้องกับสิ่งปนเปื้อนในอากาศของห้องหรือบริเวณที่ทำงาน แต่อย่างไรก็ตาม ประโยชน์และความสำคัญของการระบายอากาศนั้นมิได้มีเพียงเพื่อคุ้มครองสุขภาพของคนงานเท่านั้น แต่ยังรวมถึงความรู้สึกสบาย การนำวัสดุที่ฟุ้งกระจายกลับมาใช้ประโยชน์ ตลอดจนการคุ้มครองป้องกันสิ่งแวดล้อมของชุมชนอีกด้วย ซึ่งพอจะสรุปเป็นข้อๆ ดังนี้

ก. การระบายอากาศจะสามารถป้องกันมิให้เกิดอัคคีภัยและการระเบิดได้ ทั้งนี้ เพราะว่าในอุตสาหกรรมบางประเภทมีการใช้สารตัวทำละลายใน กระบวนการผลิตหรือวัตถุประสงค์อื่นใดก็ตาม หากมีไอสารของสารตัวทำละลายฟุ้งกระจายในอากาศในปริมาณความเข้มข้นที่สูงมากโดยไม่มีระบบการระบายอากาศที่เหมาะสม ในขณะเดียวกันเมื่อมีความร้อนหรือประกายไฟในบริเวณนั้นด้วย ก็จะทำให้เกิดการติดไฟลุกไหม้ขึ้นได้ นอกจากนี้ ในสถานที่ทำงานบางแห่งที่อาจมีฝุ่นฟุ้งกระจายอย่างหนาแน่นในอากาศ โดยอาจจะเกิดจากการผลิต การบรรจุ การถ่ายเทวัสดุที่เป็นผงหรือเป็นฝุ่น เช่น ฝุ่นแป้ง เป็นต้น เมื่อมีประกายไฟเกิดขึ้นก็อาจจะมีการระเบิดอย่างรุนแรงขึ้นได้

ข. การระบายอากาศจะสามารถควบคุมระดับสิ่งปนเปื้อนในอากาศ ห้องทำงานให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยได้ เพราะโดยทั่วไปแล้วในสถานประกอบการทั้งหลายที่มีการใช้สารเคมีในการผลิตก็มักจะมีสารเคมีในรูปหรือลักษณะต่างๆ เช่น ฝุ่น ละออง ฟูม ควัน ก๊าซ ไอ สาร แขวนลอย อยู่ในอากาศ ซึ่งสารเคมีเหล่านี้เมื่อผู้อยู่อาศัยรับเข้าสู่ร่างกายก็อาจจะมีการสะสมตามอวัยวะต่างๆ จนถึงระดับหนึ่งก็อาจจะทำให้ผู้อยู่อาศัยนั้นเจ็บป่วยหรือไม่สบายขึ้นได้ ทั้งนี้ จะขึ้นอยู่กับสมบัติของสารเคมีนั้นๆ อย่างไรก็ตาม หากมีการติดตั้งหรือจัดระบบการระบายอากาศที่เหมาะสมก็จะสามารถลดระดับความเข้มข้นของสารเคมีต่างๆ ที่แขวนลอยในอากาศลงได้จนถึงระดับที่ปลอดภัยได้

ค. การระบายอากาศยังสามารถควบคุมความร้อนและความชื้นให้อยู่ในระดับที่ผู้อยู่อาศัยจะรู้สึกสบายได้ทั้งนี้ เพราะว่าทั้งความร้อนและความชื้น นอกจากจะสามารถทำให้อุณหภูมิกายในร่างกายสูงขึ้น เกิดการสูญเสียเหงื่อมากกว่าปกติจนอาจทำให้เกิดอันตรายโดยการเป็นลมชัก เป็นตะคริว และเหนื่อยอ่อนแล้ว ยังอาจทำให้คนงานรู้สึก หงุดหงิด อึดอัด และ เสียสมาธิในการทำงานในที่สุดก็จะทำให้ผลผลิตตกต่ำ ยิ่งไปกว่านั้น ก็อาจจะเป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุได้ แต่ในทางตรงข้าม หากมีการระบายอากาศที่ถูกต้องและเหมาะสม ระดับอุณหภูมิและความชื้นของ อากาศในสถานที่ทำงานไม่สูงจนเกินไป ก็จะทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกสบายผลผลิตจากการทำงานก็ย่อมจะสูงขึ้นด้วย

ง. วิธีการระบายอากาศที่เหมาะสมจะสามารถดักเก็บวัสดุที่ฟุ้งกระจายกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก และยังสามารถลดปัญหาความสกปรก รกรุงรังที่เกิดจากการฟุ้งของวัสดุดังกล่าวได้ด้วย ตัวอย่างเช่น อาคารที่ทำเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากไม้ที่มีการเลื่อยไม้ หากปล่อยให้เป็นไปตามธรรมชาติ ฝุ่น ขี้เลื่อยก็

จะกระจายเกลื่อนและกองอยู่บนพื้น และเกาะอยู่ตามเครื่องจักร เครื่องมือทั้งหลาย พบว่า วิธีการขจัดปัญหาที่อาจจะเกิดจากฝุ่นขี้เลื่อยดังกล่าวนั้น น่าจะเป็นวิธีการติดตั้งระบบการระบายอากาศโดยการดักเก็บเอาฝุ่นเหล่านั้นไว้มากกว่าการคอยกวาดฝุ่นเหล่านั้น เพราะในการกวาดฝุ่นนั้นก็จะมีฝุ่นฟุ้งกลับขึ้นมาอีก ผู้อยู่อาศัยที่กวาดนั้นก็อาจจะสูดเอาฝุ่นไม้นั้นเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายได้

จ. การระบายอากาศที่ดียังสามารถดักเก็บฝุ่นหรือสิ่งปนเปื้อนในอากาศอื่นๆไว้ก่อนที่จะปล่อยออกสู่ภายนอกอาคารไป ทำให้อากาศภายนอกสกปรก ก่อปัญหามลพิษทางอากาศขึ้น การควบคุมต้นตอหรือแหล่งของสารมลพิษตั้งแต่ต้นมือย่อมเป็นการง่าย และประหยัดในการแก้ปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมและยังสามารถช่วยประหยัดทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดอีกด้วย

2.4 ระบบปรับอากาศ [6]

2.4.1 หลักการทำงานพื้นฐานของเครื่องปรับอากาศ [6]

การปรับอากาศเป็นกระบวนการทำความเย็นที่ใช้กระบวนการในวัฏจักรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) เพื่อก่อให้เกิดความสบาย และใช้งานในอุตสาหกรรม หรือการค้า โดยวัฏจักรการทำความเย็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายจะมี 2 ลักษณะ

ก. วัฏจักรการทำความเย็นแบบกดไอ (Vapor Compression Refrigeration Cycle)

ข. วัฏจักรการทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption Refrigeration Cycle)

ซึ่งในระบบปรับอากาศเป็นส่วนที่ใช้พลังงานมากที่สุดในธุรกิจ และในสภาพอากาศร้อนชื้นแบบประเทศไทย ระบบปรับอากาศมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าถึงประมาณ 60% ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร หรือโรงงาน ดังนั้นการเลือกใช้ระบบปรับอากาศต้องพิจารณาถึง องค์ประกอบที่ทำให้ได้ตามเป้าหมายของการปรับอากาศและระบายอากาศแล้ว ยังต้องคำนึงถึงองค์ประกอบอื่นๆ ไปด้วยกัน เช่น

- เงินลงทุน, ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษา
- โครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆ ของระบบ การออกแบบและติดตั้ง และการดูแลควบคุมการใช้งาน
- ความยืดหยุ่นต่อการปรับปรุงในอนาคต และอายุการใช้งาน
- ประเภทธุรกิจ ขนาดพื้นที่และความต้องการของโครงการ

2.4.2 หลักการประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศ [6]

- การใช้งานอุปกรณ์ที่มีอยู่ในระบบปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ
- การปรับปรุงระบบปรับอากาศที่ใช้งานอยู่ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
- การออกแบบอาคาร การออกแบบระบบปรับอากาศ และการเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
- การบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ

2.4.3 ประโยชน์ของการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ [6]

- ลดภาระค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายให้กับค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ
- อุณหภูมิอากาศถูกต้องตามความต้องการ
- ความชื้นสัมพัทธ์เหมาะสมสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ต้องการ
- อากาศมีความสะอาด ปราศจากฝุ่นละออง และกลิ่นที่รบกวน
- มีการไหลเวียนของอากาศภายในอย่างสม่ำเสมอ
- ทำให้เกิดความสบายและสุขภาพที่ดีต่อผู้ปฏิบัติงาน

2.4.4 Chiller Management [6]

ปัจจุบันระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System, BAS) เป็นระบบควบคุมที่สามารถนำมาใช้งานร่วมกับระบบปรับอากาศและระบายอากาศ, ระบบไฟฟ้าและสื่อสาร, ระบบสุขาภิบาลและดับเพลิง รวมถึงระบบอื่นๆ การนำระบบ BAS มาใช้ในการควบคุมระบบปรับอากาศเพื่อให้การควบคุมมีความถูกต้องแม่นยำ และสามารถปรับแต่งค่าที่ต้องการควบคุม (Control Variable) ได้ถูกต้องสะดวกรวดเร็ว เนื่องจากโดยทั่วไปจะมีการใช้งานร่วมกับเครื่องควบคุมแบบ Direct Digital Control ซึ่งเป็นเครื่องควบคุมที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ของระบบคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลการทำงาน ความสะดวกและลดโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดต่างๆ ในการควบคุมการใช้งานและการดูแลบำรุงรักษา เนื่องจากสามารถควบคุม เก็บ บันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ผลการทำงานของอุปกรณ์ระบบปรับอากาศทั้งหมดหรือบางส่วนจาก PC ทั่วไป ซึ่งสามารถจัดตั้งไว้ที่ห้องควบคุมส่วนกลาง เพื่อให้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ระบบปรับอากาศให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน

2.4.5 Ventilation Optimization [6]

ระบบระบายอากาศที่เหมาะสมเป็นกระบวนการที่นำอากาศภายนอกมาเจือจางอากาศเสียที่เกิดจากการหายใจออกของผู้คน ที่อยู่ภายในอาคาร กรณีที่การระบายอากาศมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ จะทำให้คุณภาพอากาศภายในอาคารอยู่ในระดับที่ยอมรับไม่ได้ อาจส่งผลทำให้เกิดผลเสียต่างๆ และที่สำคัญในเรื่องสุขภาพทางกายและจิตของคนภายในอาคารอาจจะเป็นอันตรายได้ อาทิ เป็นโรคภูมิแพ้อากาศได้ง่าย ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ง่วงนอน เครียดง่าย และอื่นๆ

ปริมาณของอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมภายในอาคารจะมากน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของคน สิ่งของ และขนาดพื้นที่ปรับอากาศในอาคาร ทั้งนี้มลภาวะของอากาศภายในอาคารเกิดจากองค์ประกอบทั้งคนและสิ่งของ หรือสารประกอบทั้งอินทรีย์และอนินทรีย์ต่างๆ ในอาคาร ดังนั้น การทราบจำนวนคนภายในอาคารและพื้นที่สำหรับใช้สอยจริงในการคำนวณหาอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสม จะเป็นการใช้พลังงานเพื่อรักษาคุณภาพอากาศภายในอาคารของระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยปกติจำนวนคนภายในอาคารมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในแต่ละวัน ดังนั้นการนำความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มาใช้ประเมินจำนวนคนภายในอาคาร โดย

สมมุติฐานที่ว่าคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่ถูกปลดปล่อยออกมาโดยคนภายในอาคาร ความเข้มข้นของ CO_2 ที่สูงจะเป็นตัวชี้บ่งถึงปริมาณคนภายในอาคารที่เป็นสัดส่วนโดยตรง ด้วยเหตุนี้การประหยัดพลังงานโดยใช้เครื่องมือ CO_2 sensor มาติดตั้งในการระบบระบายอากาศเป็นวิธีการลดการสูญเสียพลังงานในการปรับสภาวะของอากาศภายนอกที่นำเข้ามาภายในอาคารได้ดีในวิธีการหนึ่ง

2.5 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง [7]

2.5.1 กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) หมวดที่ 2 ข้อที่ 9 [7]

การระบายอากาศในอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษต้องจัด ให้มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติหรือโดยวิธีกล ดังต่อไปนี้

(1) **การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ** ให้ใช้เฉพาะกับพื้นที่มีผนังด้านนอกอย่างน้อยหนึ่งด้าน โดยให้มีช่องเปิดสู่ภายนอกอาคารได้ เช่น ประตู หน้าต่าง หรือ บานเกล็ด ซึ่งต้องเปิดไว้ระหว่างใช้สอยพื้นที่นั้นๆ และพื้นที่ของช่องเปิดนี้ต้องเปิดได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่นั้น

(2) **การระบายอากาศโดยวิธีกล** ให้ใช้กับพื้นอาคารใดก็ได้ โดยให้มีกลอุปกรณ์ขับเคลื่อนอากาศเพื่อให้เกิดการนำอากาศภายนอกเข้ามาตามอัตรา ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 อัตราการระบายอากาศโดยวิธีกล [7]

ลำดับ	สถานที่	อัตราการระบายอากาศไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรของห้องใน 1 ชั่วโมง
1.	ห้องน้ำ ห้องส้วมของที่พักอาศัยหรือสำนักงาน	2
2.	ห้องน้ำ ห้องส้วมของอาคารสาธารณะ	4
3.	ที่จอดรถที่อยู่ต่ำกว่าระดับพื้นดิน	4
4.	โรงงาน	4
5.	โรงมหรสพ	4
6.	สถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	7
7.	สำนักงาน	7
8.	ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด	7
9.	ห้องครัวของที่พักอาศัย	12
10.	ห้องครัวของสถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	24
11.	ลิฟต์โดยสารและลิฟต์ดับเพลิง	30

- สำหรับห้องครัวของสถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่มจะให้มีอัตรา การระบายอากาศน้อยกว่าที่กำหนดได้ แต่ต้องมีการระบายอากาศครอบคลุมแห่ง ที่เกิดของกลิ่น ควัน หรือก๊าซที่ต้องการระบาย ทั้งนี้ ต้องไม่น้อยกว่า 12 เท่าของ ปริมาตรของห้องใน 1 ชั่วโมง
- สถานที่อื่น ๆ ที่มิได้ระบุไว้ในตารางให้ใช้อัตราการระบายอากาศของ สถานที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน
- ตำแหน่งช่องนำอากาศเข้าโดยวิธีกล ต้องห่างจากที่เกิดอากาศเสีย และช่องระบายอากาศทิ้งไม่น้อยกว่า 5.00 เมตร สูงจากพื้นดินไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร
- การนำอากาศเข้าและการระบายอากาศทิ้งโดยวิธีกล ต้องไม่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญแก่ประชาชนผู้อยู่อาศัยใกล้เคียง

2.5.2 กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) หมวดที่ 2 ข้อที่ 10 [7]

การระบายอากาศในอาคารสูง หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษที่มีการปรับภาวะอากาศด้วยระบบการปรับภาวะอากาศ ต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

(1) ต้องมีการนำอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ปรับภาวะอากาศ หรือ ดูดอากาศจากภายในพื้นที่ปรับภาวะอากาศออกไปไม่น้อยกว่าอัตราดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 อัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบการปรับภาวะอากาศ [7]

ลำดับ	สถานที่	ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ ตารางเมตร
1.	ห้างสรรพสินค้า (ทางเดินชมสินค้า)	2
2.	โรงงาน	2
3.	สำนักงาน	2
4.	สถานอาบอบนวด	2
5.	ชั้นติดต่อธุระกับธนาคาร	2
6.	ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด	2
7.	ห้องปฏิบัติการ	2
8.	ร้านตัดผม	3
9.	สถานโบว์ลิ่ง	4
10.	โรงมหรสพ (บริเวณที่นั่งสำหรับคนดู)	4
11.	ห้องเรียน	4
12.	สถานบริหารร่างกาย	5
13.	ร้านเสริมสวย	5
14.	ห้องประชุม	6

ตารางที่ 2.2 อัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบการปรับภาวะอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	สถานที่	ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ ตารางเมตร
15.	ห้องน้ำ ห้องส้วม	10
16.	สถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม (ห้องรับประทานอาหาร)	10
17.	ไนท์คลับ บาร์ หรือสถานลีลาศ	10
18.	ห้องครัว	30
19.	โรงพยาบาล - ห้องคนไข้ ห้องผ่าตัดและห้องคลอด ห้อง ไอ.ซี.ยู.	2 8 5

(2) ห้ามนำสารทำความเย็นชนิดเป็นอันตรายต่อร่างกาย หรือ ติดไฟได้ง่ายมาใช้กับระบบปรับภาวะอากาศที่ใช้สารทำความเย็นโดยตรง

(3) ระบบปรับภาวะอากาศด้วยน้ำ ห้ามต่อท่อน้ำของระบบปรับภาวะอากาศเข้ากับท่อน้ำของระบบประปาโดยตรง

(4) ระบบท่อลมและระบบปรับภาวะอากาศต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

(ก) ท่อลม วัสดุหุ้มท่อลมและวัสดุบุภายในท่อลม ต้องเป็นวัสดุที่ไม่ติดไฟ และไม่เป็นส่วนที่ทำให้เกิดควันเมื่อเกิดเพลิงไหม้

(ข) ท่อลมส่วนที่ติดตั้งผ่านผนังกันไฟหรือพื้นที่ทำด้วยวัสดุทนไฟต้องติดตั้งลิ้นกันไฟที่ปิดอย่างสนิทโดยอัตโนมัติ เมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 74 องศาเซลเซียส และลิ้นกันไฟต้องมีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง 30 นาที

(ค) ห้ามใช้ทางเดินร่วม บันได ช่องบันได ช่องลิฟต์ของอาคาร เป็นส่วนหนึ่งของระบบท่อลมส่งหรือระบบท่อลมกลับเว้นแต่ส่วนที่เป็นพื้นที่ว่าง ระหว่างเพดานกับพื้นห้องชั้นเหนือขึ้นไปหรือหลังคาที่มีส่วนประกอบของเพดานที่มีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

(5) การขับเคลื่อนอากาศของระบบปรับภาวะอากาศต้องมีลักษณะ ดังต่อไปนี้

(ก) มีสวิตซ์พัดลมของระบบการขับเคลื่อนอากาศที่ปิดเปิดด้วยมือติดตั้งในที่ที่เหมาะสมและสามารถปิดสวิตซ์ได้ทันทีเมื่อเกิดเพลิงไหม้

(ข) ระบบปรับภาวะอากาศที่มีลมหมุนเวียนตั้งแต่ 50 ลูกบาศก์เมตรต่อนาทีขึ้นไป ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันหรืออุปกรณ์ตรวจสอบการเกิดเพลิงไหม้ ที่มีสมรรถนะไม่ด้อยกว่าอุปกรณ์ตรวจจับควันซึ่งสามารถบังคับให้สวิตซ์หยุดการทำงานของระบบได้โดยอัตโนมัติ

ทั้งนี้ การออกแบบและควบคุมการติดตั้งระบบปรับภาวะอากาศและระบบระบาย อากาศในอาคารสูง

หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษต้องดำเนินการ โดยผู้ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตั้งแต่ประเภทสามัญวิศวกรขึ้นไป ตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพวิศวกรรม

2.5.3 มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร [8]

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารตามมาตรฐานต่างๆ [8]

ปัจจัยคุณภาพอากาศ	ค่ามาตรฐานที่กำหนด	มาตรฐานอ้างอิง
อุณหภูมิ	23 – 26 ˚C	ASHRAE 55-1992
ความชื้นสัมพัทธ์	30 – 60%	ASHRAE 55-1992
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	1,000 ppm	ASHRAE 62.1-2007
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	9 ppm	สวล. 2538
อัตราแลกเปลี่ยนอากาศ	> 2 ACH	วสท. 2547
อนุภาคขนาดเล็ก (PM2.5)	0.025 mg/m3	สวล. 2553
เชื้อแบคทีเรีย	< 100CFU/m3	WHO 1988
เชื้อรา	< 50 CFU/m3	WHO 1988
เชื้อรา Aspergillus	< 2 CFU/m3	Alberti et al. 2001

2.5.4 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ประกาศกระทรวงมหาดไทย [9]

ตารางที่ 2.4 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) [9]

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	ปริมาณสารเคมี	
		ส่วนในล้านส่วนโดยปริมาตร (p.p.m)	มิลลิกรัมต่ออากาศ1 ลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)
1	อัลดริน (Aldrin)	-	0.25
2	อะซินฟอส-เมทธิล (Azinphos-methyl)	-	0.2

ตารางที่ 2.4 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	ปริมาณสารเคมี	
		ส่วนในล้านส่วนโดยปริมาตร (p.p.m)	มิลลิกรัมต่ออากาศ1 ลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)
3	คลอเดน (Chlordane)	-	0.5
4	ดี ดี ที (DDT)	-	1
5	ดี ดี วี พี (DDVP)	-	1
6	ไดคลอวอส (Dichlorvos)	-	1
7	ดิลดริน (Dieldrin)	-	0.25
8	ไดเมทธิล 1, 2 ไดโบรโม 2, 2 ไดคลอโรเอทธิลฟอสเฟต (ไดบรอม) (Dimethyl 1, 2-dibromo 2, 2 dichloroethyl phosphate (Dibrom)	-	3
9	เอนดริน (Endrin)	-	0.1
10	กูไธออน (Guthion)	-	0.2
11	ตะกั่วอาร์ซีเนต (Lead Arsenate)	-	0.15
12	ลินเดน (Lindane)	-	0.5
13	มาลาไธออน (Malathion)	-	15
14	เมธอกซีคลอ (Methoxychlor)	-	15
15	นิโคติน (Nicotine)	-	0.5
16	ซีสทอกซ์ (Systox)		0.1
17	แตลเลียมและสารประกอบที่ละลายได้ (Thallium (Soluble compounds) as TI)	-	0.1
18	ไธแรม (Tiram)	-	5

ตารางที่ 2.4 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	ปริมาณสารเคมี	
		ส่วนในล้านส่วนโดยปริมาตร (p.p.m)	มิลลิกรัมต่ออากาศ1 ลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)
19	ท๊อกซาฟีน (Toxaphene)	-	0.5
20	พาราไธออน (Parathion)	-	0.11
21	ฟอสดริน (Pyrethrum)	-	0.1
22	ไพริธรัม (Pyrethrum)	-	5
23	วาร์ฟฟารีน (Warfarin)	-	0.1
24	คาร์บาริล (เซวิน (อาร์)) (Carbaryl (Sevin (R))	-	5
25	2, 4-ดี (2,4-D)	-	10
26	พรารควอท (Paraquat)	-	0.5
27	2, 4,5 ที (2, 4,5 T)	-	10
28	กรดน้ำส้ม (Acetic Acid)	10	25
29	แอมโมเนีย (Ammonia)	50	35
30	สารหนูและสารประกอบของสารหนู (Arsenic and Compounds (s As))	-	0.5
31	อาร์ซีน (Arsine)	0.05	0.2
32	ไบฟีนิล (Biphenyl)	0.2	1
33	บิสฟีนอล เอ (Bisphenol A)	0.5	2.8
34	คาร์บอนไดออกไซด (Carbon Dioxide)	5,000	9,000
35	คาร์บอนมอนนอกไวด์ (Carbon monoxide)	50	55
36	คลอรีน (Chlorine)	1	3

ตารางที่ 2.4 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	ปริมาณสารเคมี	
		ส่วนในล้านส่วนโดยปริมาตร (p.p.m)	มิลลิกรัมต่ออากาศ1 ลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)
37	คลอรีนไดออกไซด์ (Chlorine dioxide)	0.1	0.3
38	โครเมี่ยมและสารประกอบของโครเมี่ยม	-	1
39	ฟูมของทองแดง	-	0.1
40	ฝุ่นหรือละอองของทองแดง	-	1
41	ฝุ่นฝ้ายดิบ (Cotton Dust (raw))	-	1
42	ไซยาไนด์ (Chanide as CN)	-	5
43	เอทธิลอัลกอฮอล์ (เอทธานอล) (Ethyl alcohol (Ethanol))	1,000	1,900
44	ฟลูออไรด์ (Fluoride (as F))	-	0.25
45	ฟลูออรีน (Fluorine)	0.1	0.2
46	ไฮโดรเจนไซยาไนด์ (Hydrogen Cyanide)	10	11
47	ฟูมเหล็กออกไซด์ (Iron Oxide Fume)	-	10
48	เมทธิลอัลกอฮอล์ (เมทะานอล) (Methyl Alcohol (Methanol))	200	260
49	นิเกิล คาร์โบนิล (Nickel carbonyl)	0.001	0.007
50	นิเกิล ในรูปของโลหะและสารประกอบที่ละลายได้ (Nickel, Metal and Soluble Compounds, as Ni)	-	1
51	กรดไนตริค (Nitric acid)	2	5
52	ไนตริคออกไซด์ (Nitric oxide)	25	30
53	ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitroglycerin)	5	9
54	ไนโตรกลีเซอรีน (Nitroglycerin)	0.2	2

ตารางที่ 2.4 ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	ปริมาณสารเคมี	
		ส่วนในล้านส่วนโดยปริมาตร (p.p.m)	มิลลิกรัมต่ออากาศ1 ลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)
55	โซเดียวไฮดรอกไซ์ (Sodium hydroxide)	-	2
56	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide)	5	13
57	กรดกำมะถัน (Sulfuric acid)	-	1
58	เตตราเอทธิลเลด (Teriaethyl lead (ad Pb))	-	0.075
59	เตตราเมทธิลเลด (Tetramethyl lead (as Pb))	-	0.07
60	ดีบุก และสารประกอบอนินทรีย์ของดีบุก	-	2
61	ดีบุก และสารประกอบอินทรีย์ของดีบุก	-	0.1
62	ฟีนอล (Phenol)	5	19
63	ฟอสจีน (คาร์โบนิล คลอไรด์) (Phosgene (Carbonyl chloride))	0.1	0.4
64	ฟอสฟีน (Phosphine)	0.3	0.4
65	กรดฟอสฟอริค (Phosphoric acid)	-	1
66	ฟอสฟอรัส (เหลือง) (Phosphorus (yellow))	-	0.1
67	ฟอสฟอรัส เพนตะคลอไรด์ ((Phosphorus pentachloride)	-	1
68	ฟอสฟอรัส เพนตะซัลไฟด์ (Phosphorus pentasulfide)	-	1
69	ฟอสฟอรัส ไตรคลอไรด์ (Phosphorus trichoride)	0.5	3
70	ไซลีน (ไซลอล) (Xylene (Xylol))	100	435
71	ฟูมของสังกะสีคลอไรด์ (Zinc chloride fume) ฟูมของสังกะสีออกไซด์ (Zine oxide fume)	- -	1 5

2.6 ภาระการทำความเย็น (Cooling Load, kW) [10]

เมื่อมีการถ่ายเทอากาศเกิดขึ้น อากาศภายนอกอาคารจะไหลเข้ามาแทนที่อากาศภายในอาคาร ทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในอาคาร กลายเป็นอุณหภูมิผสม ทำให้ภาระทางความร้อน/ความเย็นเพิ่มขึ้น และสามารถหาได้จากสมการที่ 2.3

ภาระการทำความเย็นจากการระบายอากาศ ซึ่งในการคำนวณภาระการทำความเย็นดังกล่าวจะหาได้จากความร้อนสองส่วน คือ ความร้อนแฝง และ ความร้อนสัมผัส

ความร้อนแฝง (Latent heat gain) จะมีสมการดังต่อไปนี้

$$\dot{q}_{vent,lat,\theta} = \rho \dot{Q} h_{fg} \left(\omega_{o,\theta} - \omega_i \right) \tag{2.1}$$

เมื่อ $\dot{q}_{vent,lat,\theta}$ คือ ค่าความร้อนแฝง (kW)

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

$\dot{Q}$ คือ อัตราระบายอากาศ (m^3/s)

h_{fg} คือ เอนทัลปีของน้ำอิ่มตัว (kJ/kg)

$\omega_{o,\theta}$ คือ อัตราส่วนความชื้นของอากาศภายนอกห้องเรียน (kg/kg)

ω_i คือ อัตราส่วนความชื้นของอากาศภายในห้องเรียน (kg/kg)

ความร้อนสัมผัส (Sensible heat gain) สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\dot{q}_{vent,sen,\theta} = \rho \dot{Q} c_p \left(T_{o,\theta} - T_i \right) \tag{2.2}$$

เมื่อ $\dot{q}_{vent,sen,\theta}$ คือ ค่าความร้อนสัมผัส (kW)

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

$\dot{Q}$ คือ อัตราระบายอากาศ (m^3/s)

c_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ ($kJ/kg \bullet K$)

$T_{o,\theta}$ คือ อุณหภูมิของอากาศภายนอกห้องเรียน (K)

T_i คือ อุณหภูมิของอากาศภายในห้องเรียน (K)

เมื่อรวมสมการที่ (2.1) และ สมการที่ (2.2) เข้าด้วยกันจะได้สมการของภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจากการระบายอากาศดังสมการนี้

$$\dot{q}_{vent,\theta} = \rho\dot{Q}c_p\left(T_{o,\theta} - T_i\right) + \rho\dot{Q}h_{fg}\left(\omega_{o,\theta} - \omega_i\right) \tag{2.3}$$

2.7 อัตราการระบายอากาศที่ต้องการ (Ventilation rate, L/s/person) [11]

อัตราการไหลของอากาศจากภายนอกอาคารที่นำมาเจือจางปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคาร เพื่อคงรักษาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในมาตรฐานที่กำหนด

$$V_o = \frac{N}{(C_s - C_o)} \tag{2.4}$$

เมื่อ V คือ อัตราระบายอากาศที่จำเป็นต่อคน $(L/\min.)$

N คือ อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคน $(L/\min.)$

C_s คือ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียน (ppm)

C_o คือ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคาร (ppm)

ตารางที่ 2.5 อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคน [11, 12]

กิจกรรม	N (L/min.)
นอน	0.2
นั่งทำงาน	0.31
ทำงานกับเครื่องจักรเบา	0.5
ทำงานกับเครื่องจักรหนัก	1

2.8 สมการจำลองทางคณิตศาสตร์ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคาร [13]

สมการที่ใช้ในการทำนายผลความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารนั้น จะใช้สมการของ Meckler ซึ่งเป็นสมการมาตรฐานที่ใช้ในการทำนายผลความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคาร ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง

$$C_{in}(t) = C_{out}(t) + (C_o - C_{out})e^{-(Q_V t/V)} + \frac{G}{Q_V}\left[1 - e^{-(Q_V t/V)}\right] \quad (2.5)$$

เมื่อ $C_{in}(t)$ คือ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคาร (ppm)

C_{out} คือ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคาร (ppm)

C_o คือ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่หมุนเวียนอยู่ภายในห้อง (ppm)

Q_V คือ อัตราการถ่ายเทอากาศ (m^3/s)

V คือ ปริมาตรห้อง (m^3)

G คือ อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของคน (m^3/s)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Jinky และคณะ [14] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วนระหว่างอัตราการไหลอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกและอัตราการไหลของอากาศที่หมุนเวียนอยู่ในระบบปรับอากาศ ที่เพียงพอสำหรับการควบคุมให้คุณภาพอากาศภายในอาคารอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ในกรุงโซล ประเทศเกาหลีใต้ โดยจะพิจารณาตัวแปรหลักได้แก่การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ, อุณหภูมิของอากาศผสมภายในอาคาร, และคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเกณฑ์ จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้ มาสร้างกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ, อุณหภูมิของอากาศผสมภายในอาคาร, และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคาร เทียบกับอัตราส่วนระหว่างอัตราการไหลอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกและอัตราการไหลของอากาศที่หมุนเวียนอยู่ในระบบปรับอากาศตามลำดับ โดยจะกระทำการเปรียบเทียบทั้งในฤดูร้อนและฤดูหนาว และพบว่าในฤดูหนาวจะมีการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศมากกว่าในฤดูร้อน เนื่องมาจากอุณหภูมิภายนอกอาคารกับอุณหภูมิภายในอาคารมีความแตกต่างกันมาก สุดท้ายทีมงานได้ค้นพบอัตราส่วนระหว่างอัตราการไหลอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกและอัตราการไหลของอากาศที่หมุนเวียนอยู่ในระบบปรับอากาศ ที่เพียงพอสำหรับการควบคุมให้คุณภาพอากาศภายในอาคารอยู่ในเกณฑ์ที่ดี สำหรับกรุงโซล ประเทศเกาหลีใต้ ซึ่งมีค่าอยู่ที่ 1.2 และสามารถประหยัดการใช้พลังงานได้ถึง 22.1%

Theodosiou และ Ordoumpozanis [15] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับพลังงาน, ความสบาย, และคุณภาพอากาศภายในอาคารของอาคารเรียนของโรงเรียนอนุบาลและโรงเรียนประถมศึกษาในเขตที่มีภูมิอากาศหนาวของประเทศกรีซ เป้าหมายของการศึกษาครั้งนี้คือ เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้พลังงาน, อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม, และคุณภาพอากาศภายในอาคาร ของโรงเรียนรัฐบาลในเมืองโกซานิ ซึ่งตั้งอยู่ในเขตที่มีภูมิอากาศหนาวของประเทศกรีซ ด้านการศึกษาการใช้พลังงานจะศึกษาทั้งด้านความร้อนและระบบไฟฟ้า ด้านอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมจะใช้อุปกรณ์ HUBO-U12 portable data logger ร่วมกับเซนเซอร์ตรวจวัดอุณภูมิผนังภายนอกอาคาร ด้านคุณภาพอากาศภายในอาคารจะใช้ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเกณฑ์ โดยจะทำการตรวจวัดในแต่ละห้องเรียนเป็นระยะเวลา 2 วัน ในช่วงสัปดาห์แรกของเดือนมีนาคมจากการศึกษาพบว่าการใช้พลังงานเพื่อทำร้อนมีปริมาณสูงมากไม่เฉพาะแต่การที่อาคารตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศหนาวเท่านั้น แต่ยังเกิดจากการขาดการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายในผนังของอาคาร ส่วนการใช้ไฟฟ้านั้นจากการศึกษาจะพบว่ามีปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่น้อยกว่าค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนในกรีซและปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนอนุบาลและโรงเรียนประถมศึกษามีปริมาณใกล้เคียงกัน ด้านคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงเรียนที่ทำการศึกษา จะใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติด้วยการเปิดหน้าต่าง เพื่อถ่ายเทอากาศบริสุทธิ์เข้ามาเจือจางความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการทำให้คุณภาพอากาศภายในอาคารอยู่ในเกณฑ์ที่ดีได้

Santamouris และคณะ [16] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการทดลองเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศและความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องเรียนที่ติดตั้งระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติจำนวน 27 โรงเรียนของกรุงเอเธน ประเทศกรีซ โดยจะนำไปเปรียบเทียบข้อมูลของโรงเรียนที่ใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติจำนวน 182 โรงเรียนและข้อมูลของโรงเรียนที่ใช้ระบบระบายอากาศแบบกลจำนวน 220 โรงเรียน ที่ได้มีการศึกษาเรียบร้อยแล้ว การทดลองในครั้งนี้ได้กำหนดค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดที่ยอมรับได้ไว้ที่ 1,000 ppm และอัตราการไหลของอากาศต่ำสุดไว้ที่ 8 ลิตรต่อวินาทีต่อคน จากการทดลองและนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบัน พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องเรียนที่ถูกทำการทดลองอยู่ที่ 1,070 ppm ในระหว่างที่ข้อมูลค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องเรียนที่ใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติและแบบกลที่ได้รับการศึกษาเรียบร้อยแล้ว อยู่ที่ 1,410 ppm และ 910 ppm ตามลำดับ

Rey และคณะ [17] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการทดลองด้านคุณภาพอากาศภายในอาคาร, การประหยัดพลังงาน, และการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับมาตรฐานในการระบายอากาศต่างๆ ประกอบไปด้วยมาตรฐานของประเทศสเปน, มาตรฐาน ASHRAE 62R, และมาตรฐาน prENV 1752 ที่ใช้กันอยู่ใน

ปัจจุบัน โดยศึกษาในสำนักงานเมือง วาเลนเซีย ทั้งหมด 9 แห่ง เป็นเวลา 15 วัน ในเดือนพฤษภาคม ปี ค.ศ. 1997 อุปกรณ์ทางเทคนิคที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้คือ อุปกรณ์ Photoacoustic spectroscopy (PAS) และ สำหรับการระบายอากาศจะใช้เทคนิค trace gas โดยเลือกใช้ก๊าซ Sulphur hexafluoride (F_6S) เป็นก๊าซสืบร่องรอย การทดลองจะกระทำในวันทำงาน เป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อเก็บค่าปริมาณความเข้มข้นของ VOCs, CO_2, และ CO ภายในห้องของสำนักงาน เมื่อสิ้นสุดการทดลองจะสามารถแสดงให้เห็นอัตราระบายอากาศที่ทำให้คุณภาพอากาศภายในอาคารของสำงานอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย ในขณะเดียวกันก็สามารถกระทำควบคู่ไปกับการประหยัดพลังงานของอาคารนั้นๆ ได้

Atthajariyakul และคณะ [18] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสภาวะอากาศภายในอาคารที่เหมาะสมสำหรับความสบายทางอุณหภูมิ, คุณภาพอากาศ, และการประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง การทำงานของระบบ HVAC ของอาคารแบบชั้นเดียว โดยจะใช้ความเข้มข้นของ PMV, ความเข้มข้นของ CO_2, ภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ เป็นดัชนีชี้วัด ระหว่างการทดลองจะบันทึกค่าอุณหภูมิภายในอาคาร, ความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคาร, ความเร็วลมภายในอาคาร, และอัตราการระบายอากาศ ที่ใช้ในการรักษาระดับความเข้มข้นของ PMV และ CO_2 ให้มีค่าใกล้เคียงกับระดับที่กำหนดไว้และเพื่อการใช้พลังงานให้น้อยที่สุด เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากคำนวณแล้วว่าเป็นระดับที่มีความเหมาะสมที่สุด สำหรับการรักษาคุณภาพอากาศภายในอาคารให้อยู่ในเกณฑ์ดีและมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานที่สุด จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศสามารถลดลงได้ถึง 17% ของปริมาณการใช้พลังงานจริง ถ้าหากปรับค่าอุณหภูมิภายในอาคาร, ความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคาร, ความเร็วลมภายในอาคาร, และอัตราการระบายอากาศให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมที่ได้จากการคำนวณ

Wong และคณะ [19] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของการประเมิณการใช้พลังงานเพื่อให้คุณภาพอากาศภายในอาคารผ่านเกณฑ์มาตรฐานสำหรับอาคารสำนักงานที่ติดตั้งระบบปรับอากาศ โดยการศึกษายึดตามจำนวนของผู้อาศัยและความพึงพอใจของผู้อยู่อาศัยเป็นหลัก ทำการสำรวจจาก 422 ตัวอย่างอาคารสำนักงานในประเทศฮ่องกง การประเมิณกระทำโดยพิจารณาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ที่ระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารต่างๆ ผลที่ได้จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าพลังงานที่ถูกใช้ไปในระบบระบายอากาศ มีความเกี่ยวข้องกับจำนวนผู้อยู่อาศัยและการยอมรับของอาคารสำนักงานที่ติดตั้งระบบปรับอากาศ พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 800 ppm, 1,000 ppm, และ 1,200 ppm มีการใช้พลังงานอยู่ที่ 1,500 MJ/m^2yr, 960 MJ/m^2yr, และ 670 MJ/m^2yr ตามลำดับ ยิ่งไปกว่านั้นการศึกษาครั้งนี้พบว่า ถ้ามีการเพิ่มค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารที่ยอมรับได้จาก 1,000 ppm เป็น 1,200 ppm ประเทศฮ่องกงจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าไปได้ 762 ล้านเหรียญฮ่องกงต่อปี แต่ถ้าต้องการคุณภาพอากาศ

ภายในอาคารที่ดี โดยกำหนดการเพิ่มค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารที่ยอมรับได้ลง เหลือ 800 ppm ประเทศฮ่องกงต้องจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 1,419 ล้านเหรียญฮ่องกงต่อปี

Greene และคณะ [20] ได้อธิบายถึงผลกระทบของความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่มีผลต่อความสบายทางอุณหภาพและประสิทธิภาพการเรียนของนักเรียนในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาวภายในห้องเรียนขนาดใหญ่ วิธีการศึกษาทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดคุณภาพของอากาศและลักษณะทางกายภาพของอาคาร รวมไปถึงการศึกษาย่อยที่เกี่ยวกับสมรรถภาพในการเรียนรู้และการทำแบบสอบถามทางความสบายทางอุณหภาพ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพในการเรียนของจำนวนนักเรียนละ 60 ของห้องเรียนจะอยู่ที่ประมาณ 48%-62% ค่าเฉลี่ยสูงสุดของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อวันอยู่ที่ 2,714 ppm ซึ่งค่าเฉลี่ยดังกล่าวสูงกว่าค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ต่อวันที่ 1,500 ppm สถานะของห้องเรียนในช่วงฤดูร้อนตามเกณฑ์ของ Predicted Mean Vote (PMV) แบบ 5 สเกล พบว่า อากาศร้อนเล็กน้อย, ชื้นเล็กน้อย, อบอ้าวเล็กน้อย, และมีเสียงรบกวนเล็กน้อย โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์คำนวณอัตราระบายอากาศต่อวันอยู่ในช่วง 0.25-0.93 ลิตรต่อวินาทีต่อคน ซึ่งถือว่ามีค่าต่ำกว่าค่าระบายอากาศต่ำสุดที่ต้องการคือ 3 ลิตรต่อวินาทีต่อคน

Bako Biro และคณะ [21] อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราระบายอากาศของห้องเรียนและสมรรถภาพของนักเรียน ซึ่งถูกทำการทดสอบในโรงเรียนประถมศึกษาในประเทศอังกฤษ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และตัวแปรอื่นๆได้ถูกทำการทดสอบเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยเลือกใช้ห้องเรียนจำนวน 2 ห้องเรียนต่อหนึ่งโรงเรียน การเปิดหน้าต่างเพื่อให้เกิดการไหลของอากาศจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารถูกนำมาใช้เพื่อเป็นอัตราการระบายอากาศภายในห้องเรียน การทดสอบระบบการระบายอากาศจะทำเป็น 2 แบบคือ ใช้อากาศจากภายนอก และการใช้อากาศที่หมุนเวียนภายในห้องเรียน โดยที่ตัวแปรอื่นๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการทดสอบ การทดสอบ Computerised Assessment Tests และ Paper-based Tasks ได้ถูกนำมาใช้ในการทดสอบเพื่อประเมินสมรรถภาพของนักเรียน แนวคิดของนักเรียนต่อสิ่งแวดล้อมในห้องเรียน, ความสบาย, ลักษณะอารม, และความหิว ได้ถูกนำมาพิจารณาด้วย ผลการทดสอบของหนึ่งโรงเรียนจากแปดโรงเรียนที่ถูกทำการศึกษา แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มอากาศบริสุทธิ์เข้ามาในห้องเรียนจาก 0.3-0.5 เป็น 13-16 ลิตรต่อวินาทีต่อคน สามารถเพิ่มอัตราการทำงานของนักเรียนได้ประมาณ 7%

Naziah และคณะ [22] ได้ทำการทบทวนสิ่งแวดล้อมภายในโรงเรียน ซึ่งให้ความสำคัญกับคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ไม่ค่อยจะเพียงพอสำหรับห้องเรียน เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสี่ยงที่จะเป็นโรคหืดและโรคที่เกี่ยวข้องอื่นๆได้ ในหลายๆประเทศได้ประกาศในเรื่องนี้อย่างชัดเจน งานวิจัยนี้ได้ทำการสรุปและสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคารภายในโรงเรียน และเพื่อให้

เห็นความสำคัญของคุณภาพอากาศภายในอาคารในสถานศึกษา โดยทำการศึกษาค้นคว้าจากงานวิจัยก่อนหน้าที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ต่ำกว่ามาตรฐานภายในห้องเรียน จากการศึกษาพบว่างานวิจัยที่มีอยู่ให้ความสำคัญกับอัตราการระบายอากาศและระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีผลต่อสุขภาพร่างกายของนักเรียนและประสิทธิภาพในการเรียนรู้ โดยประเมิณจากมาตรฐานต่างๆเช่น ASHRAE, NIOSH, ACGIH, และ OSHA ซึ่งพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่แสดงให้เห็นว่าคุณภาพอากาศภายในห้องเรียนของพวกเขาไม่เพียงพอสำหรับการเรียนหนังสือและแน่นอนว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ งานวิจัยฉบับนี้คาดหวังที่จะหาข้อมูลที่เหมาะสมและสามารถนำไปเป็นอ้างอิงสำหรับการพิจารณาคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงเรียนในประเทศมาเลเซียต่อไปได้

Seppanen และคณะ [23] ได้ทำการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวกับอัตราระบายอากาศและความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในอาคารสำนักงาน เพื่อพิจารณาผลด้านสุขภาพอนามัยของผู้อยู่อาศัยภายในอาคารดังกล่าว การศึกษาจำนวน 20 ฉบับที่ประกอบไปด้วยเกือบ 30,000 กลุ่มตัวอย่าง พบว่าอัตราระบายอากาศมีผลต่อการตอบสนองของมนุษย์ การศึกษาจำนวน 21 ฉบับที่ประกอบไปด้วยมากกว่า 30,000 กลุ่มตัวอย่าง พบว่า ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลต่อการตอบสนองของมนุษย์เช่นเดียวกัน ยิ่งไปกว่านั้นเกือบทุกงานวิจัยพบว่าอัตราระบายอากาศที่ต่ำกว่า 10 ลิตรติอวินาทีต่อคน ในทุกรูปแบบอาคารบ่งบอกถึงสัญญาณเตือนถึงปัญหาด้านสุขภาพและคุณภาพอากาศภายในอาคารดังกล่าวได้ บางงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มอัตราระบายอากาศจาก 10 ลิตรติอวินาทีต่อคน ไปเป็น 20 ลิตรติอวินาทีต่อคน สามารถลดโอกาสเสี่ยงในการเกิดโรคอาการเจ็บป่วยภายในอาคาร ได้ การศึกษาด้านปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สนับสนุนผลการศึกษาดังกล่าว โดยครึ่งหนึ่งของงานวิจัยด้านปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบว่าโอกาสที่จะเกิดโรคอาการเจ็บป่วยภายในอาคารจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารลดลงต่ำกว่า 800 ppm