

การแก้ไขปัญหาเชื้อราในระบบปรับอากาศ



นายสุพจน์ เตชะอำนวยการวิทย์
ผู้จัดการฝ่ายการตลาด
บริษัท ไทยเอ็นจีเนียริง สเปเชียลลิซ จำกัด
48 ซอยกรุงธนบุรี 6 แยก 6 ถนนกรุงธนบุรี
แขวงบางลำพูล่าง เขตคลองสาน กรุงเทพฯ 10600

บทคัดย่อ

บทความนี้จะขอแนะนำเสนอเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับเชื้อราในอาคารในส่วนที่เกี่ยวกับระบบปรับอากาศ โดยจะแสดงให้เห็นถึงธรรมชาติของเชื้อรา สภาพที่เชื้อราอยู่รอดหรืออยู่ไม่ได้ ตลอดจนถึงแนวทางต่างๆที่มีการใช้ในปัจจุบันเช่น สภาพแวดล้อมของระบบปรับอากาศ ทั้งระดับความชื้น การหมุนเวียนอากาศ แผ่นกรองอากาศ หลอดยูวี โอโซนในการป้องกัน โดยชี้ให้เห็นถึงข้อดี ข้อเสีย ข้อจำกัด และความเข้มข้นที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับเชื้อราในอาคาร ซึ่งมีการใช้งานจริงหรือเสนอแนะโดยสถาบันที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ท่านผู้อ่านได้พิจารณาปรับใช้ตามความเหมาะสม

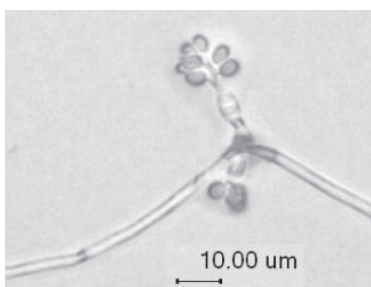
บทนำ

เชื้อรา (Fungi) เป็นพืชที่สามารถอยู่ได้ทั้งในน้ำบนดิน หรือ ในอากาศ มีหลายชนิดทั้งที่เป็นประโยชน์หรือเป็นโทษ เห็ดก็เป็นเชื้อราประเภทหนึ่ง แต่ที่เกิดปัญหาส่วนใหญ่จะเป็นเชื้อราที่แขวนลอยอยู่ในอากาศซึ่งก่อให้เกิดปัญหาทั้งต่อบุคคล เช่นทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจ โรคผิวหนังบางชนิด เช่น หูด หรือ โรคภายในร่างกาย เช่น ตับ เป็นมะเร็งจากสารอัลฟาที่อกซินจากเชื้อราในอาหาร และยังก่อให้เกิดปัญหาในการผลิตจากการเกิดเชื้อราในอาหาร ตลอดจนถึงทำให้อาการเกิดเปลี่ยนสี โดยเฉพาะตามผนังอาคาร หรือ เกิดกลิ่นเหม็นอับในอาคารและก่อให้เกิดโรคต่างๆ ติดตามกันมา การออกแบบระบบปรับอากาศที่ดีก็มีส่วนช่วยลดการก่อตัวของเชื้อราในอาคาร

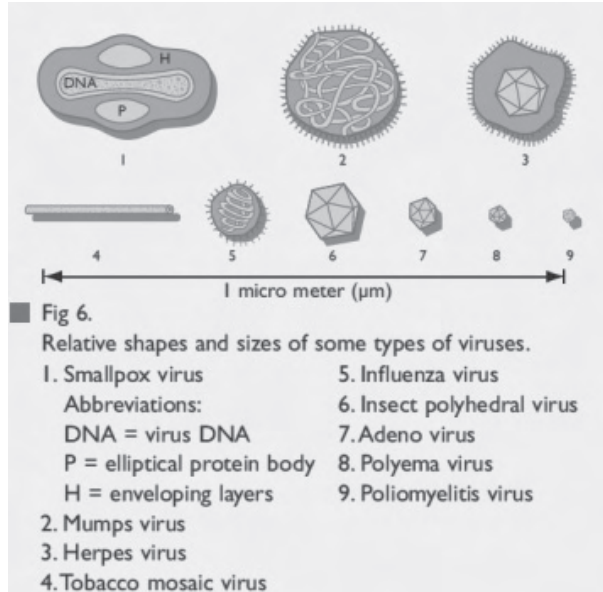
ธรรมชาติของเชื้อรา

เชื้อรา เป็นพืช ชนิดหนึ่ง มีการขยายพันธุ์ทั้งแบบต่างเพศหรือไม่มีเพศ โดยการแบ่งตัวแบบแตกหน่อ แยกเซลล์หรือการสร้างสปอร์ เชื้อราจะมีผนังเซลล์ที่แข็ง และมีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรียหรือไวรัสมาก โดยมีขนาด 10 ไมครอนหรือใหญ่กว่า

เชื้อรามีรูปร่างหลายแบบ ทั้งแบบกลมรี ที่เรียกว่า “สา”(ยีสต์ Yeast) หรือมีลักษณะเป็นเส้นยาว ที่เรียกว่า เชื้อราเส้นสาย (Mold, Mould) เชื้อราที่มีขนาดใหญ่กว่า แบคทีเรียถึง 10 เท่า ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์



รูปที่ 1 ขนาดของเชื้อรา

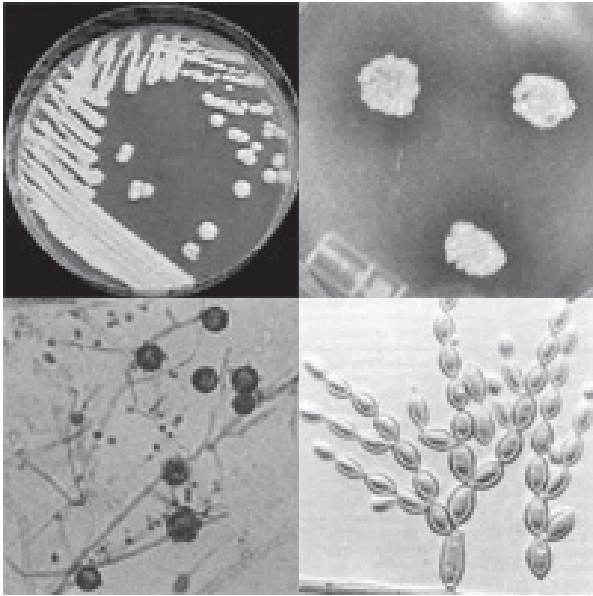


รูปที่ 2 เปรียบเทียบรูปร่างและขนาดของไวรัสแบบต่างๆ

ขยายประมาณ 100 ในการส่องให้เห็น การดำรงชีวิตของเชื้อราต่างจากแบคทีเรียหรือไวรัส ตรงที่เชื้อราสามารถแขวนลอยในอากาศในรูปร่างของสปอร์โดยไม่ต้องเกาะกับสิ่งใด ซึ่งต่างจากแบคทีเรียหรือไวรัสตรงที่ ธรรมชาติของแบคทีเรียหรือไวรัสนั้นเป็นกาฝาก (Parasite) ซึ่งต้องมีสิ่งยึดเกาะหรือHost โดยสิ่งที่ถูกยึดเกาะนั้นสามารถเป็นได้ทั้งสิ่งมีชีวิตหรือสิ่งไม่มีชีวิต และมีขนาดใหญ่กว่าตัวมันเอง ซึ่ง EU GMP พบว่าขนาดอนุภาคฝุ่นที่เหมาะสมแก่การเกาะของเชื้อจุลินทรีย์ (Viable) อยู่ที่ 5 ไมครอนหรือใหญ่กว่า ดังนั้นจึงได้กำหนดให้ยาประเภท Sterile ซึ่งอยู่ในประเภท A จะต้องผลิตภายใต้ห้องสะอาด ระดับไม่ต่ำกว่า ISO Class 5 ซึ่งไม่ให้มีฝุ่นขนาด 5 ไมครอนในห้อง หรือ มี 0 อนุภาค

สภาพแวดล้อมที่ทำให้เชื้อราขยายพันธุ์

1. อุณหภูมิ — เชื้อราส่วนใหญ่จะสามารถมีชีวิตอยู่ได้ที่อุณหภูมิ 0 – 30°C แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์จะอยู่ที่ 20 – 30°C แต่



รูปที่ 3 เชื้อราในจานเพาะเชื้อและภาพขยาย

มีราบางชนิดที่สามารถเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ที่อุณหภูมิ 40 – 50°C และเจริญเติบโตได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นกรดที่มีค่า PH ประมาณ 6, การขยายตัวของเชื้อราจะลดลงที่อุณหภูมิสูงขึ้น ที่อุณหภูมิ 50°C เชื้อราจะเจริญน้อยลง และราทุกชนิดจะถูกฆ่าตายที่อุณหภูมิ 60°C หรือจะหยุดการเจริญและแพร่พันธุ์และถ้าหากอุณหภูมิสูงถึง 100°C สปอร์และสเคอโดเรียม(โครงสร้างที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมของเชื้อรา มีลักษณะแข็ง ช่วยให้เชื้อราอยู่ได้ข้ามฤดู และกลับมาเจริญเติบโตเมื่อถึงฤดูหรือสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต) จะถูกทำลายหมด

2. แสงสว่าง — ไม่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา เว้นแต่บางชนิดที่แสงสว่างจำเป็นต่อการสร้างสปอร์ โดยเชื้อราจะหันไปทางแสงสว่าง

3. ความชื้น — เชื้อราส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 60%

4. วัสดุ — เชื้อราส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ในวัสดุเกือบทุกประเภท ทั้งวัสดุที่เป็นอินทรีย์วัตถุ (ทำจากสิ่งมีชีวิต) เช่น ไม้ เศษใบไม้ ผ้า อาหาร ฝ้าม่าน

หนังสือ เป็นต้น โดยเฉพาะวัตถุที่มีช่องว่าง หรือ รูพรุน หรือ จากวัสดุอื่น เช่น ปูน พรม พลาสติก ใยนิล เป็นต้น และวัสดุนั้นเปียกชื้นเป็นเวลานานกว่า 48 ชั่วโมง

โดยสรุปแล้ว เชื้อราจะก่อตัวเกิดขึ้นได้ต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความอับชื้น (ความชื้นสูงกว่า 60%) มีอากาศนิ่งไม่มีการหมุนเวียน อุณหภูมิไม่เกิน 40 – 50°C บนพื้นผิวแทบทุกชนิดโดยเฉพาะพื้นผิวที่จำพวกอินทรีย์วัตถุ ในทุกซอกมุมของอาคารที่อับชื้น และสามารถก่อตัวได้ในมุมที่มีความชื้นสูงหรือน้ำขังเกินกว่า 24 - 48 ชั่วโมงขึ้นไป เชื้อราจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ถ้าไม่มีความชื้นหรือน้ำ ตลอดถึงอาหารของเชื้อรา สปอร์ของเชื้อราจะมีขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และแขวนลอยอยู่ในอากาศ ลอยไปได้ไกลและก่อให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บแก่ทั้งมนุษย์และสัตว์

โรคที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา

หากผู้ป่วยสูดอากาศที่ปนเปื้อนเชื้อราเป็นระยะเวลาเวลานาน จะทำให้เกิดเป็นโรคหอบหืด จาม ไข้ละอองฟาง แ่นหน้าอก คัดจมูก จาม ระคายเคืองนัยน์ตา เจ็บคอ หรือ เมื่อผิวหนังอยู่ในสภาพเปียกชื้นเป็นเวลานาน อาจทำให้เกิดโรคน้ำกัดเท้าจากรา โรคหูในได้ร่วมผ้า โรคกลากเกลื้อน เป็นต้น

ขนาดของปัญหาการเกิดเชื้อรา

หน่วยงานปกป้องสิ่งแวดล้อมของอเมริกา (EPA — United States Environmental Protection Agency) ได้กำหนดระดับความรุนแรงของปัญหาเชื้อราในอาคาร โดยกำหนดจากพื้นผิวของส่วนต่างๆ ในอาคารที่เกิดเชื้อราขึ้นเป็น 3 ระดับ คือ

รุนแรงน้อย — เกิดเชื้อราที่พื้นผิววัสดุเป็นบริเวณผืนเดียวไม่เกิน 10 ตารางฟุต

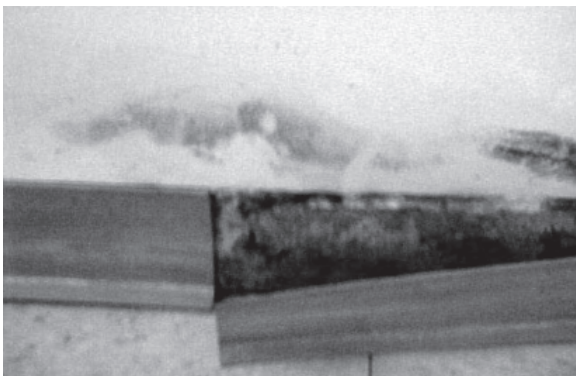
รุนแรงปานกลาง — เกิดเชื้อราที่พื้นผิววัสดุเป็นบริเวณผืนเดียวไม่เกิน 10 — 100 ตารางฟุต

รุนแรงมาก — เกิดเชื้อราที่พื้นผิววัสดุเป็นบริเวณผืนเดียวเกินพื้นที่มากกว่า 100 ตารางฟุต

การเกิดขึ้นของเชื้อราในระบบปรับอากาศ

เชื้อราสามารถเกิดขึ้นได้ตามอุปกรณ์ต่างๆของระบบปรับอากาศที่เกิดความชื้นขึ้น และ ถูกปล่อยทิ้งไว้โดยไม่จัดการแก้ไขเป็นเวลานานเกินกว่า 48 ชั่วโมง เช่น

▶ ตามแนวท่อน้ำเย็นที่ฉนวนเกิดแตกหรือฉีกขาด ทำให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำที่ผิวท่อ

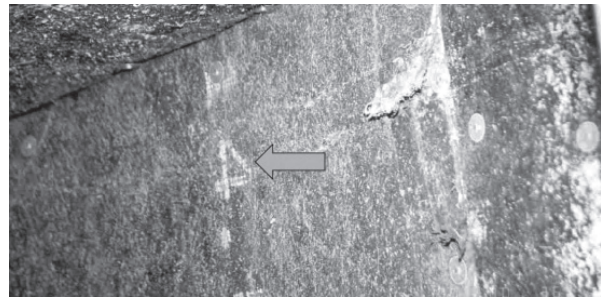


รูปที่ 4 เชื้อราที่เพดานใต้ท่อน้ำเย็น

▶ ตามขดท่อน้ำเย็น (Cooling Coil) โดยเฉพาะบริเวณส่วนล่างใกล้ถาดน้ำทิ้งขดท่อน้ำเย็น

▶ การควบแน่นของหยดน้ำที่ผนังห้อง ซึ่งเกิดจากอุณหภูมิต่างระหว่างห้องสูงและเป็นผนังคอนกรีต เช่นห้องเก็บรักษา ยา ซึ่งมีอุณหภูมิห้องไม่เกิน 22-25 องศาเซลเซียส กับห้องข้างเคียงที่เป็นห้องอุณหภูมิปกติ ความเย็นที่ผนังจะต่ำ และเมื่อต่ำกว่าจุดควบแน่น (Dew Point) ก็จะมีหยดน้ำมาเกาะที่ผนังอยู่ตลอดเวลาทำให้เกิดเชื้อรา แก้ไขโดยการใช้นวนปิดตลอดแนวผนังภายในห้องที่มีอุณหภูมิต่ำ และเพื่อเป็นการลดการสูญเสียความเย็นหรือพลังงานในระยะยาว

▶ ภายในผนังภายในของท่อลมส่วนต่อจากขดท่อน้ำเย็นในระยะประมาณ 10 ฟุต



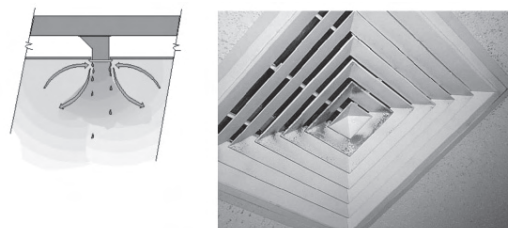
รูปที่ 5 เกิดราขึ้นที่ผนังท่อลมหลังขดท่อน้ำเย็น

▶ ตามแนวกระจกหน้าต่าง ซึ่งเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจกด้านนอกของไอน้ำเมื่ออุณหภูมิภายในห้องต่ำกว่าภายนอกมาก



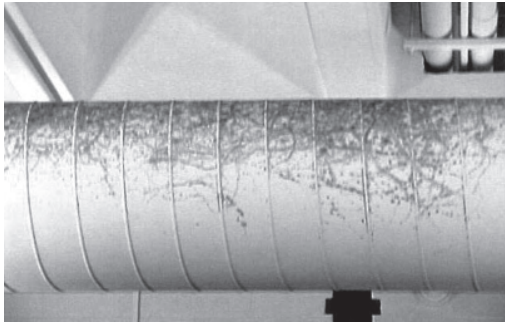
รูปที่ 6 ราเกิดขึ้นที่ขอบกระจกขึ้นจาก การควบแน่นของไอน้ำ

- ตามหน้ากากจ่ายลม โดยเฉพาะชนิดกระจายสี่ทิศ ซึ่งจะทำให้เกิดกระแสลมแปรปรวน



รูปที่ 7 เชื้อราเกิดขึ้นที่หน้ากากจ่ายลม และลักษณะกระแสลมแปรปรวนที่หน้ากากจ่ายลม

- ตามผนังด้านนอกของท่อลมจ่ายลมเย็น เนื่องจากอุณหภูมิภายในและภายนอกท่อลมต่างกัน



รูปที่ 8 ราเกิดขึ้นที่ผิวท่อลมเย็น



รูปที่ 9 ราที่ปลายท่อก่อนจ่ายสู่หน้ากักจ่ายลม

โดยสรุป เชื้อราสามารถก่อตัวได้ในจุดต่างๆ ของระบบปรับอากาศ โดยเฉพาะในที่ที่เกิดความชื้น และมีอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโต มีอาหารของเชื้อเกาะอยู่และที่สำคัญคือ มีสปอร์ของเชื้อรามากเกาะ เป็นระยะเวลานานกว่า 48 ชั่วโมง

วิธีการป้องกันและแก้ไขการก่อตัวของเชื้อราในระบบปรับอากาศในอาคาร

เมื่อได้ศึกษาถึงธรรมชาติของเชื้อรา เหตุแห่งการเกิดของเชื้อรา พร้อมทั้งตำแหน่งมีโอกาสเกิดการก่อตัวของเชื้อราแล้ว ก็จะกล่าวถึงแนวทางเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหของเชื้อรา

1. แก้ไขปัญหาเรื่องความชื้นที่เกิดขึ้น

- ▶ ปรับลดน้ำทิ้งให้มีความลาดเอียงให้น้ำสามารถไหลลงท่อน้ำทิ้ง

- ▶ แก้ไขฉนวนหุ้มท่อที่เกิดฉีกขาด หากเกิดเชื้อราที่ฉนวนหุ้มท่อแล้ว ให้ทิ้งแล้วหุ้มใหม่ โดยควรหุ้มส่วนที่เกิดเชื้อราให้มิดชิดด้วยพลาสติกโพลีเอทิลีน ก่อนทำการนำออกเพื่อป้องกันการแพร่ของสปอร์ไปสู่ส่วนอื่น

- ▶ การลดความชื้นของอากาศใหม่ที่เดิมเข้าสู่ระบบเพื่อป้องกันความชื้นจากภายนอกเข้าสู่ระบบ

- ▶ ทำการตรวจสอบรอยเชื่อมต่อของท่อน้ำต่างๆ ไม่ให้เกิดการรั่ว อันนำไปสู่การเกิดหยดน้ำและความชื้นที่พื้นใต้ท่อน้ำ

- ▶ ส่วนของท่อลมหลังจากขดท่อความเย็นควรเคลือบด้วยสารกันเชื้อราในระยะ 10 ฟุต เนื่องจากอาจมีละอองน้ำที่เกิดขึ้นที่ขดท่อความเย็นมาสะสม

- ▶ การปรับความเร็วลมที่ผ่านหน้าขดท่อความเย็นให้อยู่ในระดับไม่เกิน 400 ฟุต/นาที เนื่องจากความเร็วระดับนี้จะนำพาละอองน้ำไปได้น้อยหรือไม่ไกล

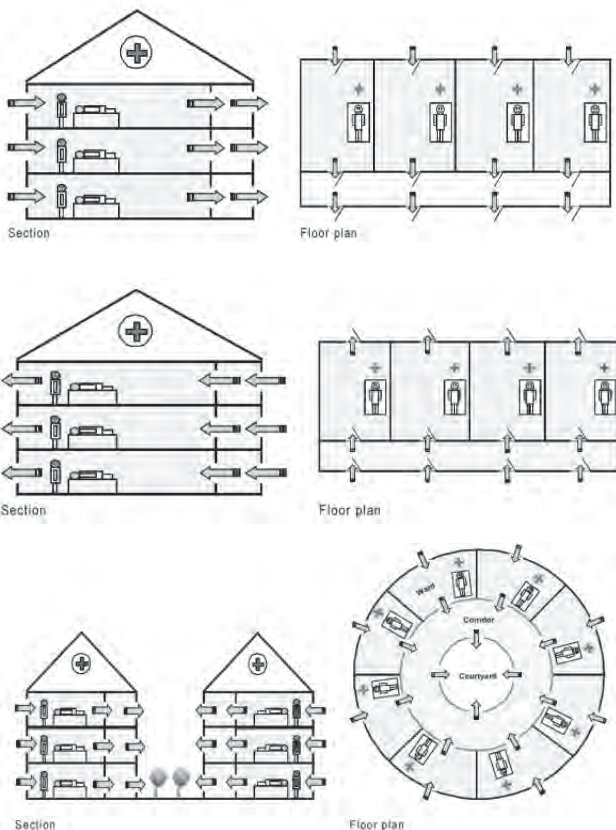
2. การรักษาระดับความชื้นของอากาศภายในส่วนต่างๆ ของอาคารไว้ไม่เกิน 60%

เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกินกว่า 60% จะเหมาะกับการเจริญเติบโตและขยายตัวของเชื้อรา

3. การทำให้อากาศมีการหมุนเวียนถ่ายเทอยู่ตลอดเวลาให้เกิดความอับชื้น

การออกแบบการถ่ายเทอากาศของระบบปรับอากาศจะมีส่วนช่วยลดจุดบอดของกระแสลมถ่ายเทหรืออากาศอับ การออกแบบให้กระแสลมมีการเคลื่อนที่จากปากหนึ่งไปสู่อีกปากหนึ่งของห้อง ไม่ว่าจะเป็นแนวตั้งหรือแนวนอนช่วยกระจายอากาศให้มีการเคลื่อนที่ไปทั่วห้อง การเคลื่อนตัวของอากาศมีส่วนช่วยให้สปอร์ของเชื้อราไม่ตกลงเกาะที่ผิวต่างๆ หรือพัดพาเอาความชื้นที่พื้นผิวต่างๆ แห่ง ไม่เหมาะสม

แก่การเจริญเติบโตของเชื้อรา อีกประการหนึ่ง การวางผังเครื่องใช้ภายในห้อง ไม่ว่าจะเป็นโต๊ะ เก้าอี้ ตู้ หรือ เตียง ไม่ให้ขวางกระแสหรือทิศทางลมก็มีส่วนช่วยให้ไม่เกิดมดุมอับในการถ่ายเทอากาศ ในกรณีที่เกิดน้ำขังหรือความชื้นที่จุดใดจุดหนึ่งของอาคารนั้น การที่เกิดกระแสลมพัดผ่านส่วนนั้นอย่างต่อเนื่อง จะมีส่วนช่วยให้ความชื้น ณ จุดนั้นเกิดระเหยกลายเป็นไอ ซึ่งอัตราการระเหย ขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ในขณะนั้น อุณหภูมิ และ ความเร็วลม เพราะการถ่ายเทอากาศจะช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิและความอับชื้นลง รูปต่อไปนี้เป็นตัวอย่างของการทำให้เกิดการถ่ายเทอากาศแบบทิศทางเดียวซึ่งทางองค์การอนามัยโลกแนะนำสำหรับโรงพยาบาลเพื่อลดการแพร่เชื้อและป้องกันปัญหาจุดแปรปรวนของอากาศภายในห้องอันทำให้เกิดจุดบอดหรือจุดอับชื้นของห้อง



รูปที่ 10

การถ่ายเทอากาศของห้องผู้ป่วยในโรงพยาบาล

รูปที่ 10 เป็นตัวอย่างการออกแบบทิศทางของกระแสลมเป็นแบบทางเดียว โดยอิงรูปแบบการถ่ายเทอากาศแบบธรรมชาติ เพื่อป้องกันการติดเชื้อในโรงพยาบาล รูปบน กระแสลมจะผ่านเข้าทางหน้าต่างของห้องพักผู้ป่วย แล้วจึงผ่านไปยังแนวทางเดินของอาคารและผ่านไปยังอีกด้านหนึ่งของตึก ส่วนรูปกลางนั้นเป็นทิศทางกลับกัน ในขณะที่รูปล่างนั้นมีลักษณะให้ส่วนกลางของอาคารเหมือนปล่องระบายอากาศ โดยมีกระแสลมจากภายนอกอาคารทั้งสองฝั่งผ่านเข้าทางหน้าต่างของอาคารแล้วสู่ส่วนกลางซึ่งเปรียบเหมือนปล่องระบายอากาศ

ทางองค์การอนามัยโลกอาศัยหลักพื้นฐานเกี่ยวกับจลศาสตร์ของอากาศ คือ อากาศที่เย็นจะมีความหนาแน่นมากกว่าอากาศที่ร้อนกว่าและจะเคลื่อนตัวเข้าแทนที่อากาศส่วนที่อุณหภูมิสูงกว่า ในกรณีที่ภายนอกอาคารอุณหภูมิสูงกว่าภายในอาคาร อากาศภายในอาคารที่มีความหนาแน่นมากกว่าจะไหลออกจากอาคารในที่ต่ำ และอากาศภายนอกที่อุณหภูมิสูงกว่าจะเคลื่อนเข้าสู่อาคารทางด้านบน ในทางกลับกันหากอากาศภายนอกอาคารอุณหภูมิต่ำกว่า จะเข้าสู่ห้องทางด้านล่าง และอากาศจากภายในอาคารที่ก็จะไหลออกจากห้องทางส่วนบนของห้อง

อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีมาตรฐานเกี่ยวกับปัญหาของเชื้อราในอากาศ มีแต่มาตรฐานเกี่ยวกับคุณภาพอากาศในอาคาร เช่น มาตรฐาน ANSI/ASHRAE 62.1-2007 เกี่ยวกับการหมุนเวียนของอากาศเพื่อคุณภาพอากาศในอาคารที่ยอมรับได้ (Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality)

Application	Estimated Maximum Occupancy P/1000 ft ² or 100 m ²	Outdoor Air Requirements				Comments
		cfm/person	L/s person	cfm/ft ²	L/s m ²	
Patient rooms	10	25	13			Special requirements or codes and pressure relationships may determine minimum ventilation rates and filter efficiency. Procedures generating contaminants may require higher rates.
Medical procedure	20	15	8			
Operating rooms	20	30	15			
Recovery and ICU	20	15	8			
Autopsy rooms	20			0.50	2.50	Air shall not be recirculated into other spaces.
Physical therapy	20	15	8			

* Table E-1 prescribes supply rates of acceptable outdoor air required for acceptable indoor air quality. These values have been chosen to dilute human bioeffluents and other contaminants with an adequate margin of safety and to account for health variations among people and varied activity levels.
 ** Net occupiable space.

ตารางที่ 1 ปริมาณอากาศที่เติมจากภายนอกสำหรับระบบหมุนเวียนอากาศของสถานอนามัย (เช่น โรงพยาบาล, ห้องพยาบาล)

ลำดับ	สถานที่	อัตราการระบายอากาศไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรของห้องใน 1 ชั่วโมง
1	ห้องน้ำ ห้องส่วนรองที่พิศภัยหรือสำนักงาน	2
2	ห้องน้ำ ห้องส้วมของอาคารสาธารณะ	4
3	ที่จอดรถที่อยู่ต่ำกว่าระดับพื้นดิน	4
4	โรงงาน	4
5	โรงแรมที่พัก	4
6	สถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	7
7	สำนักงาน	7
8	ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด	7
9	ห้องครัวของที่พักอาศัย	12
10	ห้องครัวของสถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	24
11	ลิฟต์โดยสารของอสังหาริมทรัพย์	30

ตารางที่ 2 อัตราการระบายอากาศตามกฎกระทรวงฉบับที่ 50 (พ.ศ.2540) พระราชบัญญัติการควบคุมอาคาร

จากตารางที่ 1 เป็นข้อกำหนดมาตรฐานจาก ASHRAE62.1-2007 ซึ่งกำหนดปริมาณอากาศใหม่ที่เติมจากภายนอกอาคาร เข้าภายในระบบหมุนเวียนอากาศภายในอาคารเพื่อเจือจางอากาศที่อาจเกิดการปนเปื้อนของอากาศเสียจากภายในอาคารเองทั้งจากผู้ป่วยติดเชื้อ จากกระบวนการในห้องทดลอง ตลอดจนถึงการถ่ายเทก๊าซจากการหายใจของบุคคลากรในอาคารและผู้มาติดต่อกับสถานพยาบาล โดยกำหนดจากปริมาณเป็นลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อบุคคล ซึ่งเป็นค่าที่คาดว่าปลอดภัยจากการแพร่ขยายของเชื้อโรคทางเดินหายใจ เช่น ห้องผ่าตัด จากตาราง กำหนดจำนวนบุคคลากรภายในห้องไม่เกิน 20 คน สำหรับพื้นที่ไม่เกิน

1,000 ตารางฟุตหรือ 100 ลูกบาศก์เมตรต้องเติมอากาศใหม่จากภายนอก ประมาณ 30 ลูกบาศก์ฟุตต่อ นาที/คนที่อยู่ภายในห้อง (30 CFM/คน)

ส่วนตารางที่ 2 เป็นอัตราการระบายอากาศสำหรับส่วนต่างๆ ภายในอาคารซึ่งกำหนดโดยพระราชบัญญัติควบคุมอาคารฉบับที่ 50 (พ.ศ.2540) นอกจากนั้นแล้วยังได้กำหนดค่ามาตรฐานของคุณภาพอากาศจากภายนอกอาคารที่จะเติมเข้าสู่อาคารต่างๆ ที่ห้ามมีสิ่งปนเปื้อนของมลพิษไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ตามตารางที่ 3 โดยเป็นค่าที่กำหนดโดยหน่วยงานป้องกันสิ่งแวดล้อมของอเมริกา (Environmental Protection Agency)

Contaminant	Long Term			Short Term		
	Concentration Averaging			Concentration Averaging		
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	
Sulfur dioxide	80	0.03	1 year ^b	365	0.14	24 hours ^a
Particles (PM 10)	50	—	1 year ^{b,c}	150	—	24 hours ^a
Particles (PM 2.5)	15	—	1 year ^{b,c}	65	—	24 hours ^f
Carbon monoxide	—	—	—	40,000	35	1 hour ^g
	—	—	—	10,000	9	8 hours ^h
Oxidants (ozone)	—	—	—	—	0.08	8 hours ^c
	—	—	—	—	0.12	1 hour ^h
Nitrogen dioxide	100	0.053	1 year ^b	—	—	—
Lead	1.5	—	3 months ^d	—	—	—

^aNot to be exceeded more than once per year.
^bAnnual arithmetic mean.
^cThe three-year average of the fourth-highest daily maximum eight-hour average ozone concentrations measured at each monitor within an area over each year must not exceed 0.08 ppm.
^dThree-month period is a calendar quarter.
^eThree-year average of the annual arithmetic mean.
^fThe three-year average of the 98th percentile of 24-hour concentrations.
^gThe annual arithmetic mean.
^h(1) The standard is attained when the expected number of days per calendar year with maximum hourly average concentrations above 0.12 ppm is ≤ 1 , as determined by Appendix H (40 CFR 50). (2) The one-hour NAAQS will no longer apply to an area one year after the effective date of the designation of that area for the eight-hour ozone NAAQS. The effective designation date for most areas is June 15, 2004. (40 CFR 50.9; see Federal Register of April 30, 2004 (69 FR 23996)).

ตารางที่ 3 มาตรฐานคุณภาพอากาศที่จะเติมจากบรรยากาศภายนอกของหน่วยงานป้องกันสิ่งแวดล้อมของอเมริกา (EPA)

จากตารางที่ 3 เป็นมาตรฐานของคุณภาพอากาศที่จะเติมเข้าสู่อาคาร ซึ่งกำหนดทั้งค่าของคุณภาพอากาศเป็นค่าเฉลี่ยในระยะยาวและระยะสั้น ค่า PM10 นั้นทาง US.EPA-United State Environment Agency ให้ความหมายถึง ฝุ่นหยาบที่มีขนาดระหว่าง 2.5 – 10 ไมครอน และมักจะก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับปอดในระยะยาว ส่วนก๊าซซึอนั้นเป็นก๊าซพิษที่ต้องจำกัดปริมาณในอากาศสำหรับบุคลากรในอาคาร

การเพิ่มอัตราความชื้นของอากาศภายในอาคารเป็นการใช้หลักการเจือจางเชื้อต่างๆ ในอาคารและการนำเอาเชื้อที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศภายในอาคารออกให้มากที่สุด ยิ่งออกแบบให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศในอาคารมากเท่าไร โดยมีการเติมอากาศสะอาดจากภายนอกมากเท่านั้น อากาศก็ยิ่งดีขึ้นเท่านั้น เพราะเป็นที่แน่นอนว่า ต้องมีส่วนของเชื้อ

ต่างๆ แหวนลอยอยู่ในอากาศ แต่ที่สำคัญ คือ ความเข้มข้นของเชื้อเหล่านั้นมีไม่มากเพียงพอในการทำให้เกิดอาการป่วยได้ เนื่องจากร่างกายมนุษย์สามารถรับเชื้อโรคในธรรมชาติได้อยู่ในระดับหนึ่งที่ระบบการต้านทานเชื้อของมนุษย์นั้นจะต่อสู้กับสิ่งแปลกปลอมได้ ซึ่งแต่ละบุคคลนั้นมีไม่เท่ากัน ขึ้นกับวัยและสภาพร่างกายที่แข็งแรงหรืออ่อนแอ หรือมีความไวต่อเชื้อประเภทนั้นๆ เฉพาะ

สำหรับเรื่องคุณภาพของอากาศภายในอาคาร เป็นอีกเรื่องหนึ่งซึ่งมีรายละเอียดมากจึงขอไม่กล่าวถึงรายละเอียดมากนักเว้นแต่ข้อมูลบางส่วนที่เกี่ยวข้อง

4. การใช้แผ่นกรองอากาศที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของสปอร์ไปตามระบบปรับอากาศ

ส่วนหนึ่งระบบปรับอากาศที่จะป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อรา ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสปอร์เชื้อราที่มีขนาดเล็กหรือเชื้อจุลินทรีย์ที่แขวนลอยและลอยไปตามกระแสลมจากระบบปรับอากาศไปได้ไกลหากไม่มีแผ่นกรองอากาศที่ต้นทางของระบบปรับอากาศ แม้ว่าแผ่นกรองอากาศจะไม่สามารถฆ่าเชื้อราได้ แต่ด้วยเทคโนโลยีของแผ่นกรองอากาศในปัจจุบันทำให้สามารถกรองขนาดฝุ่นขนาดเล็กตั้งแต่ 0.1 ไมครอนขึ้นไป ดังนั้นขนาดของเชื้อราซึ่งมาขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนขึ้นไปก็สามารถกรองได้ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีการเลือกแผ่นกรองอากาศพร้อมทั้งผลกระทบต่อระบบปรับอากาศหากมีการเพิ่มแผ่นกรองอากาศ

มาตรฐานของแผ่นกรองอากาศที่นิยมใช้อยู่ในเมืองไทยอ้างอิงจาก 2 แห่ง คือ

▶ **มาตรฐานทางอเมริกา** โดยอิงจากชมรมวิศวกรด้านการทำความร้อน, ความเย็นและการปรับอากาศของอเมริกา (ASHRAE — American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.) ซึ่งจะมีมาตรฐานเกี่ยวกับการทดสอบแผ่นกรองอากาศโดยเฉพาะ คือ มาตรฐาน ASHRAE 52 โดยมีการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขมาเป็น ASHRAE 52.1 และ ASHRAE52.2

▶ **มาตรฐานทางยุโรป** ได้แก่ EN779-2002 และ EN1822-1998

Filter performance									
ANSI/ASHRAE 52.2				ASHRAE 52.1		EN779:2002		EN1822:1998	
MERV	Average particle size efficiency (@µm), %			Average arrestance, %	Average dust-spot efficiency, %	Class	Average 0.4µm particle size efficiency, %	Class	MPPS efficiency, %
	E ₁ 0.3-1.0	E ₂ 1.0-3.0	E ₃ 3.0-10.0						
1	—	—	<20	<65	<20	G1	—	—	—
2	—	—	<20	65-70	<20	G2	—	—	—
3	—	—	<20	70-75	<20	G2	—	—	—
4	—	—	<20	75-80	<20	G2	—	—	—
5	—	—	20-35	80-85	<20	G3	—	—	—
6	—	—	35-50	85-90	<20	G3	—	—	—
7	—	—	50-70	>90	25-30	G4	—	—	—
8	—	—	>70	>90	30-35	G4	—	—	—
9	—	<50	>85	>90	40-45	G4	—	—	—
10	—	50-65	>85	>95	50-55	F5	40-60	—	—
11	—	65-80	>85	>95	60-65	F6	60-80	—	—
12	—	>80	>90	>95	70-75	F6	60-80	—	—
13	<75	>90	>90	>98	80-90	F7	80-90	—	—
14	75-85	>90	>90	>98	90-95	F8	90-95	—	—
15	85-95	>90	>90	—	>95	F9	>95	—	—
16	>95	>95	>95	—	—	—	—	H10	85
17	—	—	—	—	—	—	—	H13	99.95
18	—	—	—	—	—	—	—	H13	99.95
19	—	—	—	—	—	—	—	H14	99.995
20	—	—	—	—	—	—	—	H14	99.995

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบมาตรฐานแผ่นกรองอากาศ

ตารางข้างต้นเป็นการเปรียบเทียบมาตรฐานของแผ่นกรองอากาศ ซึ่งจะขอกกล่าวโดยย่อเพื่อความเข้าใจ และสามารถเลือกแผ่นกรองอากาศตามความเหมาะสมต่อไป

มาตรฐาน ASHRAE52.1

มาตรฐาน ASHRAE52.1 แบ่งวิธีการทดสอบแผ่นกรองอากาศออกเป็น 2 ประเภท ตามประเภทของแผ่นกรองอากาศ คือ แผ่นกรองอากาศขั้นต้น (Pre-Filter) และแผ่นกรองชั้นกลาง (Medium Filter) โดยอาศัยความสามารถในการกรองฝุ่นตามคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของฝุ่นในอากาศเป็นตัวแบ่งประเภท โดยพื้นฐานแล้วฝุ่นที่อยู่ในอากาศมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ ฝุ่นหยาบที่มีน้ำหนักที่แขวนลอยอยู่ในอากาศไม่นานและฝุ่นละเอียดที่มีน้ำหนักเบาและแขวนลอยในอากาศอีกทั้งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

Synthetic Dust Weight Arrestance ใช้สำหรับวัดความสามารถในการดักจับฝุ่นโดยน้ำหนักของแผ่นกรองอากาศขั้นต้น (Pre Filter) ทำการทดสอบโดยการฉีดฝุ่นมาตรฐานซึ่งประกอบด้วยฝุ่นมาตรฐานสำหรับทดสอบประมาณ 72% (ขนาดของฝุ่นโดยเฉลี่ย 7.7 ไมครอน), ฝุ่นทดสอบที่เป็นผงถ่าน 23% และอีก 5% เป็นเส้นใยฝ้าย ด้วยความเข้มข้นประมาณ 70 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตรผ่านแผ่นกรองอากาศขั้นต้นที่จะทำการทดสอบ แล้วตรวจสอบว่าแผ่นกรองอากาศสามารถดักจับฝุ่นหนักเป็นอัตราส่วนร้อยละเท่าไรของน้ำหนักฝุ่นที่ทำการฉีดเข้าไป เช่น ฉีดฝุ่นทดสอบผ่านแผ่นกรองเพื่อทดสอบขนาด 100 กรัม เมื่อนำแผ่นกรองที่ผ่านการทดสอบมาชั่งน้ำหนัก มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากเดิม 90 กรัม แสดงว่า สามารถกรองอากาศได้ 90% (Average Arrestance 90% ตามมาตรฐาน ASHRAE 52.1-1992)

Atmospheric Dust Spot Efficiency ตามมาตรฐาน ASHRAE 52.1-1992 สำหรับวัดประสิทธิภาพของแผ่นกรองอากาศชั้นกลางในการกรองฝุ่นบรรยากาศ ซึ่งมีขนาดโดยเฉลี่ยประมาณ 0.3 — 10 ไมครอน โดยฉีดฝุ่นผ่านแผ่นกรองที่สะอาดแล้วทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของแสงที่เปลี่ยนแปลงไปโดยใช้ Light Meter ในการวัดความเข้มแสงที่ผ่านแผ่นกรองเมื่อสะอาดอยู่ และภายหลังจากการทดสอบแล้ว อัตราส่วนของผลต่าง

ความเข้มแสง คือ ประสิทธิภาพในการกรองอากาศ ตามมาตรฐาน ASHRAE52.1-1992 เช่น Dust spot efficiency 90-95% หมายถึง สามารถกรองฝุ่นละเอียด ขนาด 0.3 — 10 ไมครอน ได้เฉลี่ย 90 — 95%

MERV — Minimum Efficiency Reporting Value เป็นมาตรฐาน ASHRAE ที่ปรับปรุงขึ้น เป็นมาตรฐาน ASHRAE52.2P-1999 เนื่องจากมาตรฐานเดิมเกิดปัญหาข้อถกเถียงเกี่ยวกับขนาดของฝุ่นที่สามารถกรองได้ โดยแบ่งระดับของประสิทธิภาพในการกรองออกเป็น 16 ระดับ คือ MERV 1 — MERV 16 และทำการวัดโดยใช้ฝุ่นขนาด 0.3 — 10 ไมครอน โดยแบ่งขนาดฝุ่นออกเป็น 12 ช่วง ได้แก่ 0.3 — 0.4, 0.4 — 0.55, 0.55 — 0.7, 0.7 — 1.0, 1.0 — 1.3, 1.3 — 1.6, 1.6 — 2.2, 2.2 — 3.0, 3.0 — 4.0, 4.0 — 5.5, 5.5 — 7.0, 7.0 — 10 ไมครอน ทำการวัดช่วงละ 6 ครั้ง และถือเอาค่าการวัดต่ำสุดของช่วงนั้นเป็นเกณฑ์ และมีการแบ่งช่วงกว้าง เป็น E1(0.3-1.0 μ), E2(1.0-3.0 μ), E3(3.0-10.0 μ) เพื่อหาค่าเฉลี่ยและเทียบตารางเกณฑ์เพื่อกำหนดว่าแผ่นกรองที่ทดสอบนั้นอยู่ในเกณฑ์ MERV 1 — MERV 16 ว่าจะเป็นระดับใด

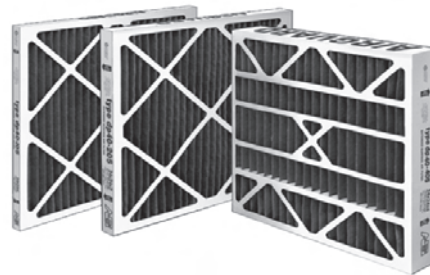
ส่วนการทดสอบตามมาตรฐาน EN779 ของทางยุโรป ได้แบ่งประเภทของแผ่นกรองอากาศเป็นแบบหยาบ คือ class G1 — G4 และแบบละเอียด คือ F5 — F9 โดยจากตารางที่ 3 จะเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพในการกรองอากาศของแผ่นกรองอากาศเพื่อผู้อ่านสามารถนำไปใช้เลือกแผ่นกรองอากาศตามประสิทธิภาพของการทดสอบที่ทางผู้ผลิตต่างๆ ได้ให้ข้อมูลไว้

ประเภทของแผ่นกรองอากาศ

แผ่นกรองอากาศแม้ว่าจะมีหลายประเภทก็ตาม แต่แผ่นกรองอากาศซึ่งปัจจุบันนิยมนำมาใช้กับระบบปรับอากาศสามารถแบ่งประเภทได้เป็น 4 ประเภท คือ

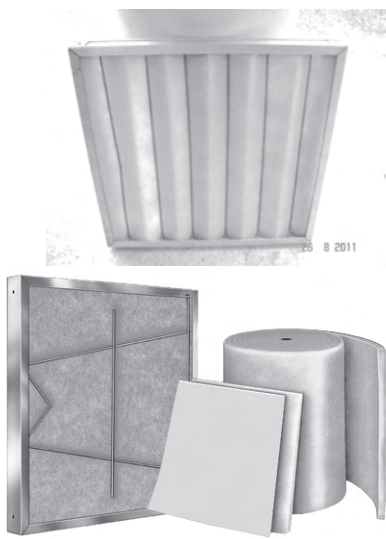
1. แผ่นกรองอากาศขั้นต้น (Pre-Filter) เป็นแผ่นกรองอากาศชนิดหยาบ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกรองอยู่ที่ MERV 1 — 9 ตามมาตรฐาน ASHRAE 52.2P-1999 (ตารางที่ 4) หรือ Class G1 — G4 (ตารางที่ 4)

แผ่นกรองอากาศขั้นต้น มีทั้งชนิดที่เป็นแบบล้างได้และแบบใช้แล้วทิ้ง ซึ่งมีทั้งข้อดีและข้อจำกัดต่างกัน แบบใช้แล้วทิ้งนั้นเหมาะสำหรับระบบปรับอากาศที่มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อสูง เช่น ตามสถานพยาบาล, โรงงานผลิตยาหรือโรงงานอาหาร เนื่องจากสภาพแวดล้อม และที่สำคัญ คือ ต้องป้องกันการแพร่เชื้อ ไม่ให้เข้าสู่กระบวนการผลิต



รูปที่ 11 ตัวอย่างแผ่นกรองอากาศแบบใช้แล้วทิ้ง

ลักษณะของแผ่นกรองอากาศแบบใช้แล้วทิ้งส่วนใหญ่จะมีกรอบเป็นกระดาษชนิดทนความชื้นสูง ข้อดีคือไม่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรคไปสู่ผู้ทำหน้าที่บำรุงรักษา ราคาขั้นต้นต่ำ แต่มีปัญหาเรื่องค่าใช้จ่ายในระยะยาว ที่ต้องคอยเปลี่ยนชิ้นใหม่เมื่อหมดอายุ มีน้ำหนักเบา เปลี่ยนง่าย เป็นต้น



รูปที่ 12 ตัวอย่างแผ่นกรองอากาศชนิดล้างน้ำได้

สำหรับแผ่นกรองอากาศชนิดล้างน้ำได้ตามรูปที่ 10 นั้น มีข้อดี คือ ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศต่ำกว่าแบบใช้แล้วทิ้ง แต่ไม่เหมาะสำหรับใช้กับระบบปรับอากาศที่มีภาวะความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรคทางอากาศสูง เนื่องจากผู้ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนหรือล้างมีโอกาสในการติดเชื้อในขณะที่ทำการล้างได้ หากไม่มีการป้องกันที่ดีหรือเพียงพอ แต่ข้อดี คือ ไม่ต้องเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศบ่อย หากเปลี่ยนก็เปลี่ยนเฉพาะเนื้อเยื่อแผ่นกรองอากาศ แต่มีค่าใช้จ่ายเบื้องต้นสูงเนื่องจากต้องลงทุนในกรอบหรือโครง ซึ่งมักจะเป็นโครงอลูมิเนียมชนิด

แผ่นกรองอากาศชั้นต้นนั้นนับว่ามีความจำเป็นต่อระบบปรับอากาศและต้องติดตั้งภายในระบบปรับอากาศโดยมีประโยชน์ คือ การกรองฝุ่นหยาบ ซึ่งหากติดตั้งแผ่นกรองอากาศชั้นต้นโดยเลือกใช้รุ่นที่สามารถดักจับฝุ่นที่ระดับ MERV7 — MERV9 หรือ G4 จะสามารถกรองฝุ่นหยาบขนาด 0.3 — 10.0 ไมครอน ได้ตั้งแต่ 50 — 70% หรือ มากกว่า 90% เมื่อทดสอบโดยน้ำหนัก (Arrestance) ซึ่งฝุ่นขนาดนี้ก็คือ PM10 หรือเป็นฝุ่นที่มีซึ่งทางหน่วยงานปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่ง

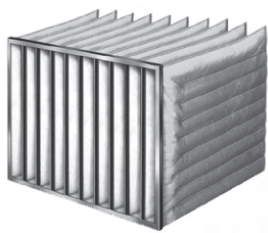
อเมริกากำหนดไว้ถึงปริมาณที่ต้องจำกัดก่อนดึงเข้าสู่อาคาร นอกจากนั้นแล้วความสามารถในการกรองฝุ่นได้ถึงระดับ PM10 นี้ก็สามารถกรองสปอร์ของเชื้อราที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนได้ ซึ่งสปอร์ของเชื้อราบางส่วนหรือจุลินทรีย์ที่เกาะกับฝุ่นขนาด 5 ไมครอนหรือใหญ่กว่า ก็สามารถกรองได้ในระดับหนึ่ง และสามารถลดการแพร่กระจายของโรคได้ส่วนหนึ่ง ยิ่งกว่านั้นแล้วยังช่วยรักษาความสะอาดของแผงขดท่อทำความเย็น (Cooling Coil) ลดปริมาณฝุ่นที่จะไปเกาะภายในท่อลม และเกิดฝุ่นที่จะเกาะตามหัวจ่ายลมปลายทาง นอกจากนั้นแล้วแผ่นกรองอากาศชั้นต้นยังช่วยยืดอายุการใช้งานของแผ่นกรองอากาศชั้นกลาง เพราะช่วยรับภาระการกรองฝุ่นขนาดใหญ่หรือหยาบ

2. แผ่นกรองอากาศชั้นกลาง (Medium Filter)

เป็นแผ่นกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพในการกรองตั้งแต่ MERV 10 ถึง MERV 16 หรือ F5 — F9 ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วผู้ออกแบบมักเลือกใช้แผ่นกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพตั้งระดับ MERV 11 (Dust spot efficiency 60-65% ตามมาตรฐาน ASHRAE หรือ F6 ตามมาตรฐาน EN779), MERV 13 (Dust spot efficiency 80-85% ตามมาตรฐาน ASHRAE หรือ F7 ตามมาตรฐาน EN779), หรือ MERV 14 (Dust spot efficiency 90-95% ตามมาตรฐาน ASHRAE หรือ F8 ตามมาตรฐาน EN779), ขึ้นอยู่กับความสำคัญในการป้องกันฝุ่นหรือการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศ อย่างในกรณีของห้องปลอดเชื้อที่จำเป็นต้องมีแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง ก็ควรใช้แผ่นกรองชั้นกลางที่มีประสิทธิภาพในการกรองระดับ MERV14 และยังมีประโยชน์ในการช่วยยืดอายุการใช้งานของแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง

แผ่นกรองอากาศชั้นกลางมีหลายแบบ ทั้งแบบทำเป็นถุง เนื้อแผ่นกรองเป็นใยสังเคราะห์ผสมใยแก้ว

หรือ แบบโครงสร้างซี่ เนื้อแผ่นกรองขึ้นรูปเป็นจีบ (Pleat) หรือ ทำเป็นรูปตัว วี และไม่ว่าจะเป็นแบบใดก็ตาม หากมีประสิทธิภาพเดียวกันแล้ว เช่น MERV ระดับเดียวกันแล้ว การกรองก็ไม่ต่างกัน สิ่งที่แตกต่างกัน คือ พื้นที่ในการติดตั้ง, แรงต้านทานขั้นต้น (Initial Resistance or Pressure Drop), ความจุฝุ่น และความสามารถในการรองรับแรงต้านทานที่สูงมากน้อยต่างกัน, ตลอดจนถึงความสามารถในการรองรับกระแสลมกลับทิศทาง เช่น แบบถุง (Bag Filter) นั้นไม่สามารถใช้กับกรณีของกระแสลมกลับทิศภายในท่อลมปรับอากาศ ส่วนในกรณีของชนิดของโครงแข็งก็อาจมีข้อเสียในเรื่องการกินพื้นที่จัดวางและเกิดการแตกหักในการขนส่งได้ง่ายกว่าแบบถุง



แผ่นกรองอากาศแบบถุง



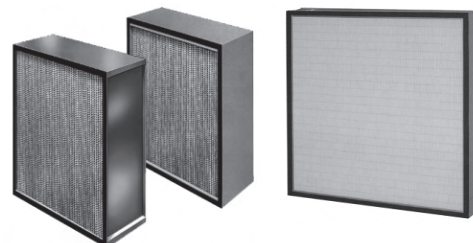
แผ่นกรองอากาศชนิดมีโครงแข็ง



แผ่นกรองอากาศรูปทรงตัววี

รูปที่ 13 แผ่นกรองอากาศชั้นกลางรูปแบบต่างๆ

3. แผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA-High Efficiency Particulate Air Filter) เป็นแผ่นกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นขนาด 0.3 ไมครอน ได้ไม่น้อยกว่า 99.97% โดยใช้ตัวอย่างฝุ่นเป็นน้ำมัน DOP-Diothyl phthalate หรือ น้ำมัน PAO-Poly-Alfa-Olefin ซึ่งละอองไอน้ำมันจะมีขนาดเฉลี่ย 0.3 ไมครอน ในการทดสอบ อาจใช้ Photometer หรือ เครื่องวัดฝุ่นโดยหลักการหักเหของแสง (Light Scattering) ทำการวัดอัตราส่วนปริมาณฝุ่นก่อนผ่านแผ่นกรองและหลังผ่านแผ่นกรองอากาศ ในบางอุตสาหกรรม โดยเฉพาะโรงงานยานั้นมักระบุให้มีใบรับรองผลการทดสอบว่าแผ่นกรองอากาศชนิดนี้นั้นไม่มีจุดรั่วหรือรั่วไม่เกิน 0.01% (Leak/Scan Test) สำหรับแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูงทุกชิ้น



รูปที่ 14 ตัวอย่างแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter)

4. แผ่นกรองอากาศชนิดฝุ่นผ่านได้น้อยมาก (ULPA-Ultra Low Penetration Air Filter) แผ่นกรองอากาศชนิดนี้สามารถกรองฝุ่นขนาด 0.12 ไมครอน ได้ไม่น้อยกว่า 99.9995% ซึ่งการทดสอบอาจใช้ฝุ่นสังเคราะห์พวก PSL-Polystyrene แผ่นกรองอากาศชนิดนี้มักใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 15 ตัวอย่างแผ่นกรองอากาศชนิดฝุ่นผ่านได้น้อยมาก (ULPA Filter)

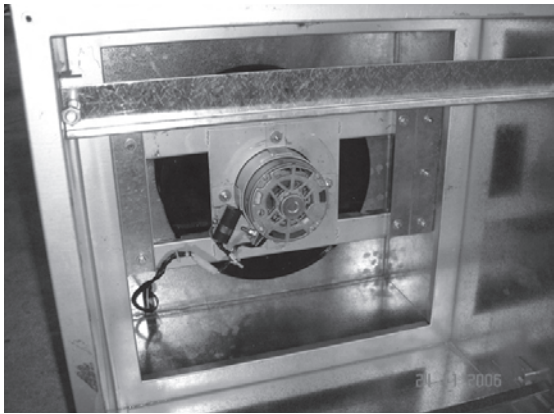
การเลือกแผ่นกรองอากาศ

แผ่นกรองอากาศในห้องตลาดแม้ว่าจะมีหลายแบบหลายประเภท แต่ก็มีเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกให้เหมาะกับงานและสถานที่ ดังนี้

1. **ประสิทธิภาพในการกรองฝุ่น** เป็นข้อพิจารณาขั้นต้นว่าต้องการกรองฝุ่นขนาดเท่าใด สำหรับในกรณีของเชื้อราแล้ว อย่างน้อยควรกรองฝุ่นขนาด 5-10 ไมครอนหรือใหญ่กว่าได้เพียงพอ ขึ้นอยู่กับความสะอาดของห้องที่ต้องการให้เป็นไป หากเป็นห้องผ่าตัดแล้วในทางทฤษฎีก็ไม่ต้องการให้มีเชื้อใดๆ เข้ามาปนเปื้อนภายในห้อง ดังนั้นจึงต้องใช้แผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter) ซึ่งสามารถกรองฝุ่นขนาด 0.3 ไมครอนได้ไม่น้อยกว่า 99.97% โดยใช้สาร DOP ในการทดสอบ เป็นแผ่นกรองอากาศชั้นสุดท้าย โดยควรมีแผ่นกรองอากาศชั้นกลางและชั้นต้นมาขวางหรือติดตั้งที่ขัดต่อความเย็นหรือท่อลมก่อนเข้าสู่แผ่นกรองอากาศชั้นสุดท้าย เพื่อยืดอายุการใช้งานของแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูงหรือ ในกรณีการดูดอากาศออกสำหรับห้องแยกผู้ป่วยติดเชื้อ ต้องมีการติดตั้งแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter) เพื่อกรองเชื้อก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ ป้องกันการแพร่เชื้อทางอากาศ การติดตั้งแผ่นกรองอากาศชั้นต้นที่ด้านหน้าของขัดต่อความเย็น

(Cooling Coil) สามารถช่วยลดปริมาณฝุ่น, สปอร์ของเชื้อรา หรือ ฝุ่นที่มีเชื้อไปเกาะที่ขัดต่อทำความเย็น, ตามท่อลมหรือ หัวจ่ายลม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใส่แผ่นกรองอากาศชั้นต้นอย่างน้อยอยู่ในระดับ MERV 7 ซึ่งสามารถกรองฝุ่นขนาด 3.0 – 10.0 ไมครอนได้ 50 – 70% และหากห้องมีความสำคัญสูงขึ้นไปพร้อมกับมีงบประมาณเพียงพอ อาจเพิ่มแผ่นกรองอากาศระดับ MERV 14 ที่สามารถกรองฝุ่นขนาด 0.3 – 1.0 ไมครอน ได้ 75 – 85% และฝุ่นขนาด 3.0 – 10.0 ไมครอนได้มากกว่า 90% ทำให้โอกาสของฝุ่นที่จะเข้าสู่ระบบหรือห้องมีน้อยลง และ หากให้มีอากาศหมุนเวียน ไม่มีจุดอับภายในท่อลมหรือห้องก็จะช่วยลดปัญหาเชื้อราที่เกิดขึ้น

2. **เลือกแผ่นกรองอากาศโดยพิจารณาจากพื้นที่** ในระบบปรับอากาศว่ามีที่เพียงพอที่จะติดตั้ง สำหรับแผ่นกรองอากาศชั้นต้นมักจะไม่มีปัญหาเนื่องจากผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศมักเตรียมพื้นที่ไว้แล้ว แต่แผ่นกรองชั้นกลางและประสิทธิภาพสูง หากผู้ออกแบบไม่ได้ระบุไว้ จะไม่ได้เตรียมการไว้ทั้งพื้นที่ติดตั้งและแรงดันของพัดลม หากพัดลมที่ติดตั้งครั้งแรกมีแรงดันสถิตต่ำกว่าแรงต้านทานขั้นต้นของแผ่นกรองอากาศ จะทำให้เกิดปัญหาว่าพัดลมไม่สามารถจ่ายลมได้ตามต้องการ อาจต้องเพิ่มพัดลมเสริมโดยต่อในลักษณะอนุกรมเพื่อเพิ่มแรงดันสถิตของลมให้เพียงพอต่อแรงดันตกคร่อมของแผ่นกรองอากาศ เช่น กล่องพัดลมพร้อมแผ่นกรองอากาศที่เรียกว่า Fan Filter Unit

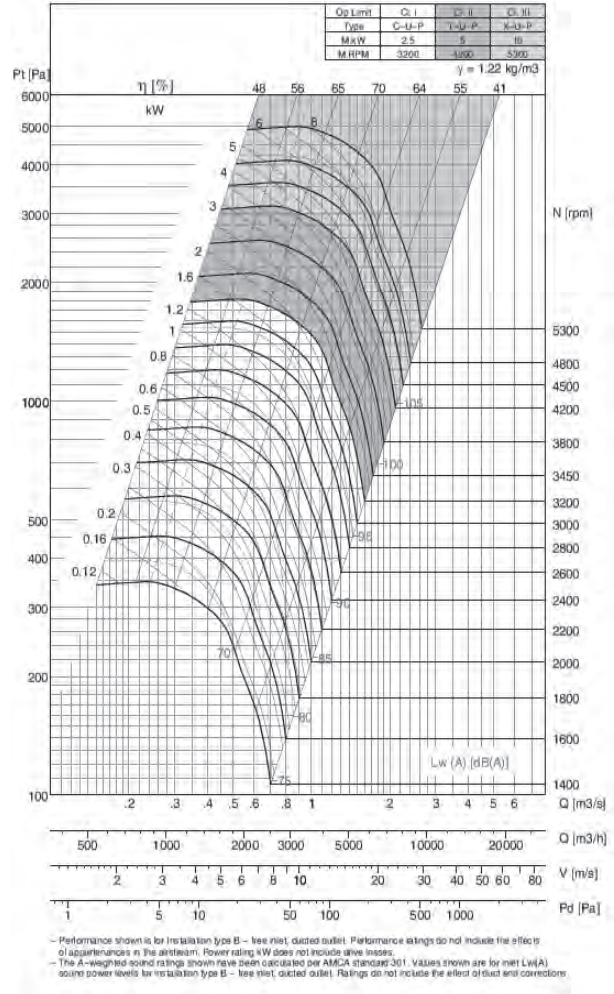


รูปที่ 16 ตัวอย่างกล่องใส่แผ่นกรองอากาศพร้อมพัดลม

3. แรงดันตกคร่อม (Pressure Drop/Resistance) ของแผ่นกรองอากาศ ซึ่งทางผู้ผลิตจะแจ้งข้อมูลเป็นแรงต้านทานขั้นต้น (Initial Pressure Drop/Resistance) — เป็นแรงดันเบื้องต้นของแผ่นกรองอากาศขณะเริ่มใช้งาน แต่เมื่อใช้ไปสักระยะหนึ่ง แรงดันตกคร่อมจะเริ่มสูงขึ้นเนื่องจากมีฝุ่นที่ถูกดักไปเกาะที่แผ่นกรองอากาศ ทำให้แผ่นกรองอากาศเกิดการอุดตัน จนถึงจุดที่ต้องเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศ คือ แรงต้านทานขั้นปลาย (Final Pressure Drop/Resistance) แรงดันยิ่งสูง พลังงานที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อนลมยิ่งสูง การคำนวณแรงดันสถิตส่วนเพิ่มเฉพาะแผ่นกรองอากาศทำได้โดยประมาณจากค่าเฉลี่ยแรงต้านทานขั้นต้นและแรงต้านทานขั้นปลายของแผ่นกรองอากาศตามตารางที่ 5

ประเภทแผ่นกรอง	แรงต้านทานต้น	แรงต้านทานปลาย	แรงต้านทานเฉลี่ย
แผ่นกรองขั้นต้น (Pre Filter)	0.32"	1.0"	$(0.32+1)/2 = 0.66"$
แผ่นกรองชั้นกลาง (Medium Filter)	0.65"	1.5"	$(0.65+1.5)/2 = 1.075"$
แผ่นกรองสุดท้าย (HEPA Filter)	1.0"	2.0"	$(1+2)/2 = 1.5"$
แรงดันสถิตรวม			3.235"

ตารางที่ 5 วิธีคำนวณค่าแรงดันสถิตในการเลือกพัดลมกรณีที่มีการติดตั้งแผ่นกรองอากาศ



กราฟที่ 1 ตัวอย่าง Performance Curve ของพัดลมหอยโข่งในระบบปรับอากาศแบบ backward เส้นผ่าศูนย์กลาง 315 มม.

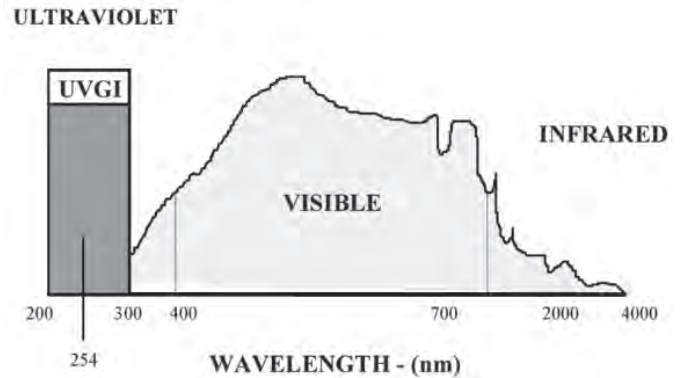
ตัวอย่างกราฟที่ 1 แสดงให้เห็นถึงปริมาณลมและแรงดันที่พัดลมหอยโข่งแบบ backward เส้นผ่าศูนย์กลาง 315 มม. ทำได้พร้อมค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนสำหรับพัดลมรอบต่างๆ หากกำหนดลมผ่านแผ่นกรองอากาศเท่ากับ 3,000 CMH และแล้ว เมื่อเลือกแผ่นกรองอากาศที่มีแรงต้านทานขั้นต้น (Initial Pressure Drop/Resistance) 0.8 นิ้วน้ำ (200 ปาสคาล Pa) จะต้องใช้ความเร็วรอบที่ 1,700 รอบ/นาที ไฟฟ้าถึง 0.2 กิโลวัตต์ เมื่อเทียบกับรุ่นที่มีแรงต้านทานต่ำกว่า เช่น ที่ 0.5 นิ้วน้ำ (125 Pa) รอบพัดลม จะประมาณ 1,600 รอบ/นาที ใช้พลังงาน

ไฟฟ้า 0.16 กิโลวัตต์ เป็นต้น ตัวอย่างนี้เพียงแสดงให้เห็นถึงพลังงานที่ต้องสูญเสียเพิ่มขึ้นหากเลือกแผ่นกรองที่มีแรงต้านทานเพิ่มขึ้น

4. ตำแหน่งในการติดตั้งแผ่นกรองอากาศ
 นับว่ามีส่วนเกี่ยวข้องของการป้องกันการเกิดการสะสมของฝุ่นในแต่ละจุด หลักการของการติดตั้งแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูงในห้องสะอาด เพื่อให้จุดที่ต้องการความสะอาดมีความสะอาดสูงคือ ควรติดตั้งในตำแหน่งใกล้กับห้องมากที่สุด เช่น หัวลมจ่ายภายในห้อง เพื่อป้องกันการเกิดฝุ่นจากการเคลื่อนตัวของลมผ่านจุดอื่น เช่น ท่อลมก่อนเข้าสู่ห้อง เพราะยิ่งติดตั้งแผ่นกรองอากาศห่างจากห้องมากเพียงไร ก็ย่อมมีโอกาสที่ฝุ่นจะปนเปื้อนในอากาศผ่านรอยรั่วของท่อลมมากเท่านั้น การติดแผ่นกรองอากาศก่อนขดท่อทำความเย็นก็เพื่อป้องกันฝุ่นเกาะที่ขดท่อทำความเย็นทำให้การถ่ายเทความร้อนต่ำ และยังเกิดความชื้นขึ้นที่ขดท่อทำความเย็น เป็นบ่อเพาะของสปอร์เชื้อรา ดังนั้น การติดตั้งแผ่นกรองอากาศก่อนขดท่อทำความเย็นจึงเป็นการป้องกันเชื้อราได้อีกทางหนึ่ง

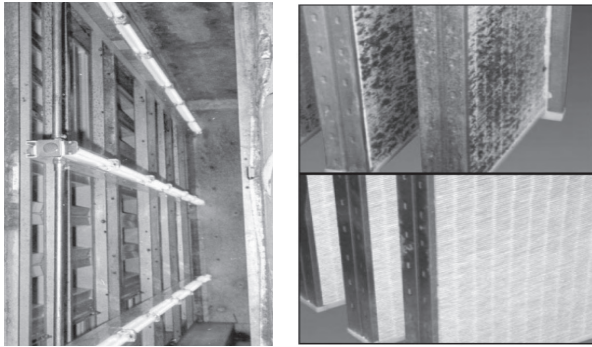
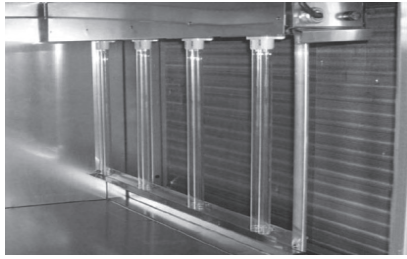
5. การใช้หลอดยูวี-ซีติดตั้งที่ขดท่อทำความเย็นหรือท่อลมเพื่อกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ตลอดจนถึงสปอร์ของเชื้อราในระบบปรับอากาศ

วารสารของ ASHRAE (ASHRAE Journal) ฉบับเดือนสิงหาคม พ.ศ.2551 ระบุว่า หน่วยบริการการบริการทั่วไปของสหรัฐ (The U.S. General Service Administration) กำหนดให้ติดตั้งหลอดยูวี-ซีที่ขดท่อทำความเย็นในระบบปรับอากาศทั้งที่กำลังติดตั้งใหม่และที่กำลังอยู่ในขั้นตอนการปรับปรุงเพื่อเพิ่มคุณภาพอากาศในอาคาร



กราฟที่ 2 แสดงถึงความยาวคลื่นของแสงต่างๆ

หลอดยูวี-ซีนั้นเป็นหลอดยูวีที่ให้ค่าความยาวคลื่นอยู่ที่ 254.7 นาโนเมตร เป็นแสงที่ถูกกรองในชั้นบรรยากาศ แสงยูวี-ซี จะเข้าจำลองอีกขาหนึ่งของ DNA ของเซลล์ (รูปที่ 12) ทำให้การแบ่งตัวของเซลล์เกิดปัญหาและเซลล์นั้นจะถูกทำลายเมื่อความเข้มข้นและระยะเวลาที่เซลล์ถูกแสงยูวีอยู่ในระยะเวลาที่เหมาะสม ดังนั้นการใช้หลอดยูวี-ซีเพื่อกำจัดเชื้อหรือป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคตลอดจนถึงเชื้อรา จึงได้มีการทดสอบค่าความเข้มข้นของแสงและเวลาที่มีผลในการฆ่าเชื้อ เป็น Dose เท่ากับ ผลคูณของความเข้มแสง เป็น mW/cm^2 กับ ระยะเวลาเป็นวินาที ซึ่งในวารสาร ASHRAE ฉบับเดือนสิงหาคม พ.ศ.2551 กำหนดได้ว่าอย่างน้อยควรมีความเข้มข้นที่ 50 mW/cm^2 กรณีติดตั้งที่ขดท่อทำความเย็น โดยต้องมีการติดตั้งแผ่นกรองอากาศ เพราะหลอดยูวี-ซีไม่สามารถใช้แทนที่แผ่นกรองอากาศ และแผ่นกรองอากาศที่สามารถดักจับฝุ่นขนาดต่ำกว่า 10 ไมครอน จะสามารถกรองสปอร์เชื้อราและฝุ่นบางประเภทที่มีเชื้ออยู่ เมื่อติดตั้งหลอดยูวี-ซี แสงจะช่วยฆ่าเชื้อที่เกาะที่แผ่นกรองอากาศและขดท่อทำความเย็น โดยมีข้อกำหนดในการติดตั้งหลอดยูวี-ซีขนาด 30 W. ในระยะห่างระหว่างหลอดไม่เกิน 90 ซม.



รูปที่ 13 ตัวอย่างการติดตั้งหลอดยูวี-ซีที่ขดท่อทำความเย็น และที่แผ่นกรองอากาศ

จากรูปที่ 12 ผลจากการติดตั้งหลอดยูวี-ซีที่ขดท่อทำความเย็น จะช่วยให้ขดท่อทำความเย็นมีความสะอาดกว่าไม่มีการติดตั้งเนื่องจากหลอดยูวี-ซีสามารถลดการขยายตัวของเชื้อรา ตลอดทั้งหากติดตั้งที่หน้าหรือหลังแผงกรองอากาศก็ช่วยให้แผ่นกรองอากาศไม่เกิดคราบของเชื้อรา

แม้ว่าหลอดยูวี-ซีจะมีประโยชน์ต่อการป้องกันเชื้อราในระบบปรับอากาศ แต่ก็ต้องรู้ถึงโทษที่อาจเกิดขึ้นจากการติดตั้งหลอดยูวี-ซี หากไม่ได้ทำการศึกษาสิ่งที่ต้องระวังในการใช้หลอดยูวี-ซี เนื่องจากแสงของหลอดยูวี-ซีนั้นสามารถทำอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยงหากได้รับเกินปริมาณที่ร่างกายยอมรับได้ตามตารางที่ 6

Permissible Ultraviolet Exposures	
Duration of exposure per day	Effective irradiance E _{eff} (μW/cm ²)
8 hours	0.2
4 hours	0.4
2 hours	0.8
1 hour	1.7
30 mins.	3.3
15 mins.	6.6
10 mins.	10
5 mins.	20
1 min	100

ตารางที่ 6 ระยะเวลาที่อนุญาตให้ถูกแสงยูวี-ซี กำหนดโดย AGCIH-The American Congress of Governmental and Industrial Hygienist's

Bacteria	Dose	k
Bacillus anthracis	45.2	0.051
B. megatherium sp. (spores)	27.3	0.084
B. megatherium sp. (veg.)	13.0	0.178
B. paratyphosus	32.0	0.072
B. subtilis	71.0	0.032
B. subtilis spores	120.0	0.019
Campylobacter jejuni	11.0	0.209
Clostridium tetani	120.0	0.019
Corynebacterium diphtheriae	33.7	0.069
Dysentery bacilli	22.0	0.105
Eberthella typhosa	21.4	0.108
Escherichia coli	30.0	0.077
Klebsiella terrifani	26.0	0.089
Legionella pneumophila	9.0	0.256
Micrococcus candidus	60.5	0.038
Micrococcus sphaeroides	100.0	0.023
Mycobacterium tuberculosis	60.0	0.038
Neisseria catarrhalis	44.0	0.053
Phytomonas tumefaciens	44.0	0.053
Pseudomonas aeruginosa	55.0	0.042
Pseudomonas fluorescens	35.0	0.065
Proteus vulgaris	26.4	0.086
Salmonella enteritidis	40.0	0.058
Salmonella paratyphi	32.0	0.072
Salmonella typhimurium	80.0	0.029
Sarcina lutea	197.0	0.012
Serratia marcescens	24.2	0.095
Shigella paradysenteriae	16.3	0.141
Shigella sonnei	30.0	0.077
Spirillum rubrum	44.0	0.053
Staphylococcus albus	18.4	0.126
Staphylococcus aureus	26.0	0.086
Streptococcus faecalis	44.0	0.052
Streptococcus hemolyticus	21.6	0.106
Streptococcus lactus	61.5	0.037
Streptococcus viridans	20.0	0.115
S. enteritidis	40.0	0.057
Vibrio cholerae (V.comma)	35.0	0.066
Yersinia enterocolitica	11.0	0.209

Yeasts	Dose	k
Bakers' yeast	39	0.060
Brewers' yeast	33	0.070
Common yeast cake	60	0.038
Saccharomyces cerevisiae	60	0.038
Saccharomyces ellipsoideus	60	0.038
Saccharomyces sp.	80	0.029

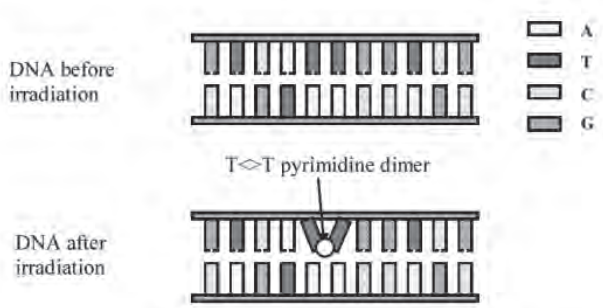
Mould spores	Dose	k
Aspergillus flavus	600	0.003
Aspergillus glaucus	440	0.004
Aspergillus niger	1320	0.0014
Mucor racemosus A	170	0.013
Mucor racemosus B	170	0.013
Oospora lactis	50	0.046
Penicillium digitatum	440	0.004
Penicillium expansum	130	0.018
Penicillium roqueforti	130	0.018
Rhizopus nigricans	1110	0.002

Virus	Dose	k
Hepatitis A	73	0.032
Influenza virus	36	0.064
MS-2 Coliphage	186	0.012
Polio virus	58	0.040
Rotavirus	81	0.028

Protozoa	Dose	k
Cryptosporidium parvum	25	0.092
Giardia lamblia	11	0.209

Algae	Dose	k
Blue Green	3000	0.0008
Chlorella vulgaris	120	0.019

ตารางที่ 7 ตัวอย่าง Dose ที่ทำให้เชื้ออยู่รอดได้เพียง 10% โดย Doses มีหน่วยเป็น J/m² และค่า k มีหน่วยเป็น m²/J (J= Joule = 1 Watt¹ วินาที ; m² = ตารางเมตร)



รูปที่ 12 จำลองวิธีการทำลาย DNA ของเซลล์ด้วยแสงยูวี-ซี

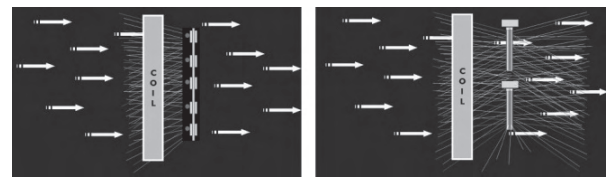
แม้ว่าจะมีการยอมรับให้ถูกแสงยูวี-ซีในระยะและค่าความเข้มแสงที่ระบุไว้ตามตารางที่ 6 ที่หน่วยงาน AGCIH-The American Congress of Government and Industrial Hygienes กำหนดระยะเวลาที่อนุญาตให้กระทบแสงยูวี-ซี ตามระดับความเข้มของแสงยูวี-ซี หน่วยเป็น mJ/cm^2 และที่สำคัญ คือ ควรมีระบบป้องกันไม่ให้ถูกแสงยูวี-ซีนั้นจะดีกว่า ด้วยการติดตั้ง Limit Switch ที่ช่องหรือประตูที่จะเข้าถึงหลอดยูวี-ซี หรือ ใช้ระบบป้องกันอื่นที่เหมาะสม

นอกจากนั้นจุดแสงยูวี-ซีไปถึง ควรเป็นวัสดุที่ทนแสงยูวี หรือ ออบสารกันแสงยูวี มิเช่นนั้นแล้ว วัสดุนั้นอาจเกิดความเสียหายและเกิดอุบัติเหตุได้ เช่น ขั้วติดตั้งหลอดยูวี-ซี หากไม่ได้ใช้วัสดุกันแสงยูวีแล้ว อาจทำให้เกิดการกรอบ เนื่องจากเป็นพลาสติก และเกิดความเสียหายต่อระบบไฟฟ้าเช่น ไฟฟ้าลัดวงจรเมื่อขั้วหลอดเกิดการกรอบและแตกหัก

ข้อจำกัดประการหนึ่งของหลอดยูวี-ซี คือ สามารถกำจัดเชื้อต่างๆ ได้ เฉพาะที่แสงยูวี-ซีไปถึงเท่านั้น และต้องมีความเข้มของแสงผนวกกับระยะเวลาต้องเพียงพอ จึงจะสามารถกำจัดการแพร่ขยายของเชื้อราหรือเชื้อโรคอื่นได้ ในกรณีของการติดตั้งหลอดยูวี-ซีภายในห้องลม วารสาร ASHRAE ฉบับเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551 ยังระบุว่า ความเร็วที่ลมผ่านหลอดยูวี-ซี ไม่ควรเกิน 2.5 เมตร/วินาที หรือ 500 ฟุต/นาที (FPM)

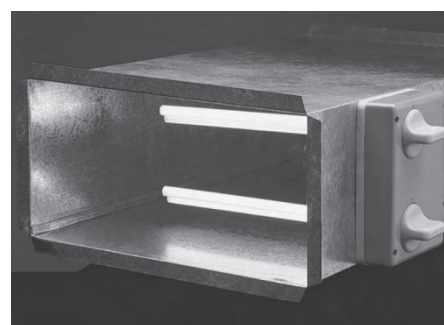
และควรให้อากาศที่ผ่านมีโอกาสดูดแสงรังสียูวี-ซีเป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 8 ฟุต (2.4 เมตร) หรือมีเวลากระทบแสงไม่น้อยกว่า 0.25 วินาที

หลักการที่สำคัญของการใช้หลอดยูวี-ซีในการฆ่าเชื้อ คือ ไม่ว่าจะเป็นการฆ่าเชื้อที่พื้นผิววัตถุหรืออากาศในห้องลมหรือในห้อง สิ่งสำคัญก็คือ เชื้อแต่ละประเภทต้องได้รับ Dose เท่ากันสำหรับเชื้อแต่ละอย่าง หากติดตั้งหลอดยูวี-ซี ในห้องลมที่มีความเร็วสูง ซึ่งก็คือ เวลาที่เชื้อจะกระทบแสงยูวี-ซีน้อยลง ก็ต้องเพิ่มความเข้มของแสง เพื่อให้ค่าของ Dose เท่าเดิม ในทางกลับกัน หากความเร็วลมที่ผ่านนั้นช้ามาก ก็สามารถลดความเข้มของแสงหรือจำนวนหลอดยูวี-ซีน้อยลง



รูปที่ 13 แสดงให้เห็นถึงจุดที่แสงยูวี-ซีส่องถึง เมื่อมีการติดตั้งหลอดยูวี-ซีชนิดหลอดยาวสองขั้ว หรือ หลอดตะเกียบขั้วเดียว

จากรูปที่ 13 จะเห็นได้ว่าการติดตั้งหลอดตะเกียบแบบขั้วเดียว จะช่วยให้แสงสามารถส่องไปทั้งสองด้านของหลอด ในขณะที่การติดตั้งแบบสองขั้วทำให้แสงไม่ผ่านด้านหลังของแผงสำหรับติดตั้งหลอด ทำให้ระยะเวลาที่อากาศจะกระทบแสงยูวี-ซีน้อยลง



รูปที่ 14 การติดตั้งหลอดยูวี-ซีแบบขั้วเดียวในห้องลม

การติดตั้งหลอดยูวี-ซีแบบขั้วเดียวในท่อลม โดยมีส่วนของบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์อยู่ภายนอกจะช่วยป้องกันวัสดุที่ไวต่อแสงยูวี

ตามที่กล่าวไว้ก่อนหน้าถึงประสิทธิผลในการฆ่าเชื้อของหลอดยูวี-ซีนั้นต้องมีความเข้มข้นของแสงเพียงพอกับระยะเวลาที่อากาศนั้นถูกแสง จึงได้เกิดมีแนวทางในการกำจัดการแพร่ขยายของเชื้อโดยใช้หลอดยูวี-ซีไม่มาก แต่ทำให้อากาศต้องผ่านการถูกแสงยูวี-ซีหลายรอบ นั่นก็คือ เพิ่มการหมุนเวียนของอากาศให้ฝุ่นเดิมที่อาจมีเชื้ออยู่ มาถูกฉายด้วยแสงยูวี-ซีซ้ำอีกหลายครั้ง เมื่อเชื้อถูกแสงยูวี-ซีหลายครั้งเข้าก็จะตายไปหรือไม่สามารถแพร่ขยายตัวต่อไปได้

สรุปแนวทางในการป้องกันปัญหาเรื่องเชื้อราในระบบปรับอากาศ

จากที่กล่าวมาข้างต้นนั้น แนวทางในการแก้ไขปัญหาเรื่องเชื้อราในระบบปรับอากาศ ควรเป็นการแก้ไขแบบองค์รวม ตั้งแต่การป้องกันความชื้นที่ต้นเหตุ, การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในห้องไม่ให้เกิน 60%, การออกแบบให้มีอากาศหมุนเวียนไปทั่วห้องไม่ให้เกิดจุดอับชื้น, การควบคุมทิศทางกาลไหลของลมให้ไปในทางเดียวและสัดสิ่งกีดขวาง, การใส่แผ่นกรองอากาศที่เหมาะสมกับความจำเป็นในระดับความสะอาดของห้อง, การใช้หลอดยูวี-ซี เพื่อป้องกันการแพร่ขยายของเชื้อในท่อลมหรือขดท่อทำความเย็นโดยใช้ขนาดของหลอดที่เหมาะสมต่อระยะเวลาที่คาดว่าอากาศจะกระทบแสง

การแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดเชื้อราขึ้น

เมื่อเกิดปัญหาเชื้อราขึ้นแล้ว การแก้ไขขั้นต้นก็คือ การทำความสะอาดบริเวณที่เกิดเชื้อรา ในกรณีที่เป็นท่อลม ซึ่งมีการติดตั้งที่ซับซ้อน อาจต้องอาศัย

ผู้ทำหน้าที่บริการทำสะอาดระบบปรับอากาศ สิ่งสำคัญคือ การล้างท่อลมทั้งหมดให้สะอาด อาจต้องใช้หุ่นยนต์ทำความสะอาด ซึ่งสามารถดูดฝุ่นจากท่อลมส่วนต่างๆ ได้, ทำการล้างขดท่อทำความเย็นให้สะอาดและเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศเมื่อแผ่นกรองอากาศอุดตัน, และอาจทำการฆ่าเชื้อให้ทั่วห้อง โดยการใช้ก๊าซโอโซน ด้วยปริมาณความเข้มข้นที่ 2 - 3 มล.กรัม/ลิตร (ppm.) ฉีดเข้าไปตามระบบปรับอากาศ ให้ทั่วห้อง เป็นระยะเวลา 1/2 - 1 ชั่วโมง ตามระดับความรุนแรงของปัญหา เนื่องจากก๊าซโอโซนสามารถแทรกเข้าไปในทุกส่วนของห้องที่อากาศไปถึง อย่างไรก็ตามการใช้ก๊าซโอโซนต้องใช้ในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้องเลย เนื่องจากก๊าซโอโซนนั้นเป็นพิษต่อมนุษย์ด้วยเช่นกัน แต่ก็มีประสิทธิภาพในการทำลายล้างทั้งเชื้อโรค เชื้อรา ไรระเหยอินทรีย์ เป็นต้นได้อย่างดี โดยจะเข้าไปทำลายผนังเซลล์ หรือ โปรตีนภายในเซลล์ ทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์ตลอดจนถึงเชื้อราแตกทำลายไป ข้อดีอีกอย่างหนึ่งของโอโซน คือ โอโซนเป็นก๊าซที่ไม่เสถียร มีอายุไม่เกิน 1 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้น สิ่งสำคัญในการใช้ประโยชน์จากก๊าซโอโซนให้ได้ผล คือ ความเข้มข้นของโอโซนและระยะเวลาในการอบโอโซนต้องเพียงพอ มิเช่นนั้นแล้วก็จะไม่ได้ผล สำหรับในกรณีพื้นที่ใหญ่มาก ต้องใช้เครื่องกำเนิดโอโซนขนาดใหญ่ ซึ่งบางแห่งแก้ไขด้วยการแบ่งพื้นที่ในการอบโอโซนให้เล็กลง หรือ อบโอโซนเฉพาะท่อลมหรือส่วนของระบบปรับอากาศเท่านั้น โดยแบ่งเป็นส่วนๆ แยกกันทำการอบเป็นโซน

ส่วนกรณีของพื้นหรือผนังที่มีเชื้อราเกาะ ก็ให้ใช้น้ำยาที่เหมาะสมทำการเช็ดล้าง และหากเป็นสิ่งของที่เกิดเชื้อรา หากทิ้งได้ ก็ให้ทำการทิ้ง เพื่อป้องกันหน่อของเชื้อราที่อาจฝังรากอยู่

สรุป

การป้องกันและแก้ไขปัญหาเรื่องเชื้อราในระบบปรับอากาศจำเป็นต้องอาศัยความเห็นชอบถึงความจำเป็นในการป้องกันจากเจ้าของอาคารหรือผู้มีอำนาจ และเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบเกี่ยวกับระบบปรับอากาศ ตลอดจนถึงแม่บ้านที่ทำหน้าที่ทำความสะอาดพื้นที่ในการสอดส่องดูแลจุดอับชื้นหรือส่วนของระบบปรับอากาศอื่นๆ ที่อาจเกิดการรั่วจนทำให้เกิดหยดน้ำหรือความชื้นขึ้น เพื่อแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นแล้วให้ดีขึ้น และบทความนี้เป็นเพียงข้อมูลจากบทความทางวิชาการของหน่วยงานต่างๆ และจากประสบการณ์ของท่านผู้รู้และผู้เขียนเองในการเข้าไปช่วยในการแก้ไขปัญหาของอาคารที่เกิดขึ้น ซึ่งยังมีในส่วนของรายละเอียดมากกว่านี้แต่ไม่สามารถนำเสนอในที่นี้ได้ทั้งหมด และยินดีรับข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

บรรณานุกรม

- Stephen B Martin. “Ultraviolet Germicidal Irradiation Current Best Practices” ASHRAE Journal, P 28-36, August 2008
- ASHRAE Board of Director, “ASHRAE Position Document on; Airborne Infectious Disease”, June 2009
- Kathleen Parrott,” Mold Remediation”, Virginia Tech 2009
- Bin Zhou and Jinming Shen,”Comparison of General Ventilation Air Filter Test Standards between America and Europe”
- ASHRAE,” ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2007; Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality” 2007
- James Atkinson and Team, “Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings”, WHO Publication/Guidelines; World Health Organization 2009
- W.J.Kowalski and William P, “UVGI Design Basics for Air and Surface Disinfection” P100-110, HPAC Journal ; January 2000
- New York City of Health and Mental Hygiene, “Guidelines on Assessment and Remediation of Fungi in Indoor Environment” November 2008
- Philips, “UV-Disinfection — Application Information”, www.uvdisinfection.philips.com
- กฎกระทรวงฉบับที่ 50 (พ.ศ.2540), “ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522”