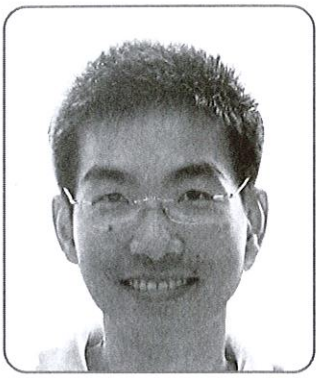
วิธีการเพิ่มความชื้นโดยผ่านตัวกลางระเหยน้ำ (Evaporative Humidifier)



ปริญวุฒิ บัณฑิตยานนท์
Utile Engineering International Co., Ltd.
E-mail: prinyawut@alum.mit.edu

Applications สำหรับการเพิ่มความชื้น

แม้ว่าโดยเฉลี่ยประเทศไทยจะเป็นประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนชื้น แต่การเพิ่มความชื้นก็ยังคงมีความสำคัญสำหรับกิจกรรมหลายประเภทในหลายอุตสาหกรรม อาทิเช่น

อุตสาหกรรมยานยนต์

- สำหรับห้องพ่นสีรถยนต์การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับประมาณ 72% RH จะช่วยลดความสูญเสียอันเนื่องมาจากการระเหยของสีที่มีน้ำเป็นส่วนผสม และช่วยให้สีที่พ่นตัวรถมีความเงางาม
- ห้องทดสอบเครื่องยนต์จะต้องมีการจำลองสภาวะอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง เพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องยนต์จะสามารถใช้งานได้ในสภาวะอากาศที่ต่างๆ กันในแต่ละประเทศ

อุตสาหกรรมห้องเย็น

- การเพิ่มความชื้นในห้องเย็นจะช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ประเภทผักและผลไม้ ซึ่งการป้องกันการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์ไม่เพียงแต่จะทำให้สามารถรักษาความสดไว้แต่ยังสามารถรักษาน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไว้ได้อีกด้วย

อุตสาหกรรมกระดาษ

- ในห้องทดสอบกระดาษจะต้องมีการจำลองสภาวะทั้งระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง การเพิ่มความชื้นจะมีบทบาทในการจำลองสภาวะอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง
- ในต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศที่มีอากาศหนาวเย็น จะต้องมีการเพิ่มความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมในขั้นตอนการผลิตเพื่อป้องกันการเกิดไฟฟ้าสถิตย์ นอกจากนี้ในขั้นตอนการม้วนและบรรจุหีบห่อ ยังต้องมีการเพิ่มความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการย่นตัว หรือหดตัวของกระดาษอันเนื่องมาจากการสูญเสียความชื้นในตัวผลิตภัณฑ์

อุตสาหกรรมสิ่งทอ

- การเพิ่มความชื้นในระดับที่เหมาะสมจะช่วยป้องกันการเกิดไฟฟ้าสถิตย์ การฟุ้งกระจายของฝุ่นด้าย และช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ในปัจจุบัน วิศวกรของประเทศไทยรับงานในต่างประเทศมากขึ้น ประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นมักจะประสบปัญหาที่ต้องเผชิญกับสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม ไม่เฉพาะแต่การเพิ่มความชื้นในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภทดังที่กล่าวมาแล้ว แต่ยังรวมถึงการเพิ่มความชื้นสำหรับบ้าน ที่อยู่อาศัย และอาคารสำนักงาน การเลือกใช้วิธีการเพิ่มความชื้นที่เหมาะสมจะช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้

ประโยชน์ของวิธีการเพิ่มความชื้นโดยผ่านตัวกลางระเหยน้ำ

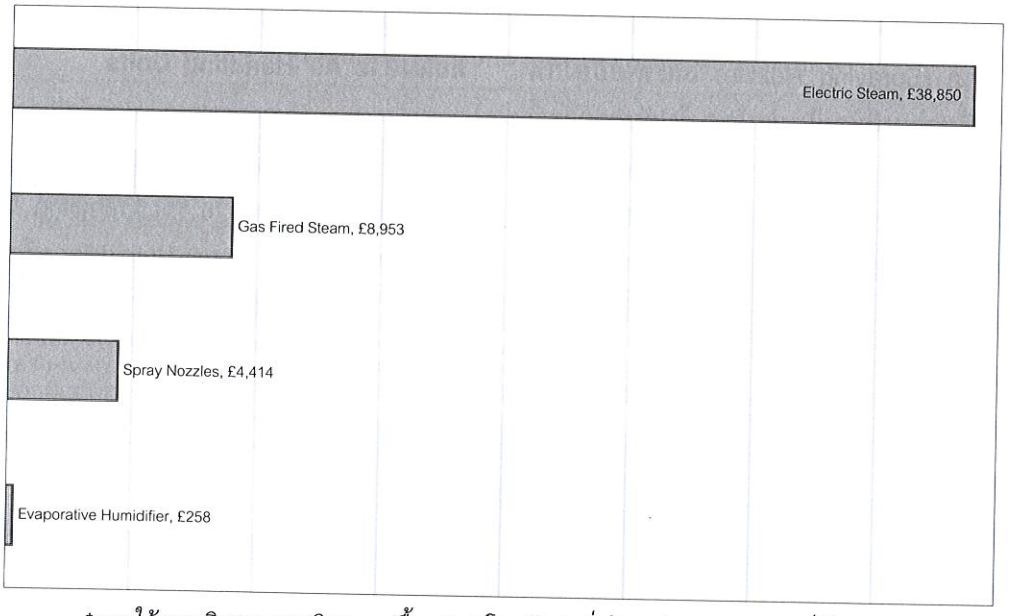
การเพิ่มความชื้นมีหลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มความชื้นโดยใช้ไอน้ำ (Steam Humidifier) หรือการเพิ่มความชื้นโดยใช้วิธีสเปรย์ (Spray Humidifier/ Air Washer) และการเพิ่มความชื้นโดยผ่านตัวกลางระเหยน้ำ (Evaporative Humidifier) ซึ่งแต่ละวิธีก็มีความเหมาะสมกับลักษณะความต้องการในการเพิ่มความชื้นที่แตกต่างกัน

ในที่นี้จะกล่าวถึงประโยชน์ของการเพิ่มความชื้นโดยใช้วิธีผ่านตัวกลางระเหยน้ำ (Evaporative Humidifier) เพราะแม้ว่า Evaporative Humidifier จะมีข้อจำกัดคือไม่สามารถเพิ่มความชื้นได้ถึง 100% หรือเกินกว่า 100% (over saturation) แต่ Evaporative Humidifier ก็มีประโยชน์หลายประการที่ควรทราบเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในทางเลือกวิธีการเพิ่มความชื้น อาทิเช่น

1. Evaporative Humidifier มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่ต่ำและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

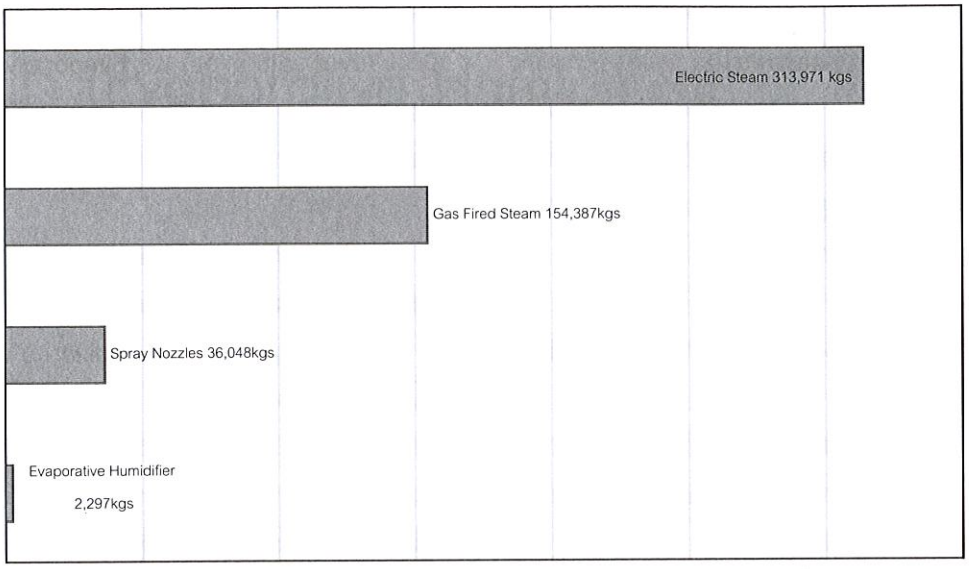
- Evaporative Humidifier อาศัยการระเหยน้ำโดยผ่านตัวกลางพลังงานที่ใช้จึงมีเพียงปั๊มระบบน้ำวน (Circulating water) หรือระบบน้ำที่จ่ายไปสู่ตัวกลางการระเหยน้ำเท่านั้น ซึ่งอัตราการใช้พลังงานดังกล่าวอยู่ในระดับที่ต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ เช่น Steam Humidifier ที่ต้องใช้พลังงานในการเปลี่ยนสถานะจากน้ำให้กลายเป็นไอน้ำ หรือ Spray Humidifier ที่ต้องใช้พลังงานสำหรับปั๊มน้ำแรงดันสูงเพื่อทำให้อนุภาคของน้ำที่ออกมาจาก spraying nozzle มีขนาดเล็กเพียงพอที่จะระเหยได้ง่าย

ภาพที่ 1: เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสำหรับระบบเพิ่มความชื้นวิธีต่างๆ ในระยะเวลา 5 ปี



**ภายใต้สมมุติฐานการผลิตความชื้น 98 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จำนวน 2,000 ชั่วโมงต่อปี*
อัตราค่าไฟฟ้า £0.05/kwh และอัตราค่าก๊าซธรรมชาติ £0.01/kwh
ที่มา: JS Humidifiers Plc

ภาพที่ 2: เปรียบเทียบอัตราการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน (Carbon footprint) สำหรับระบบเพิ่มความชื้นวิธีต่างๆ ในระยะเวลา 5 ปี (kgs of CO2)



**ภายใต้สมมุติฐานการผลิตความชื้น 98 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จำนวน 2,000 ชั่วโมงต่อปี*
ที่มา: JS Humidifiers Plc

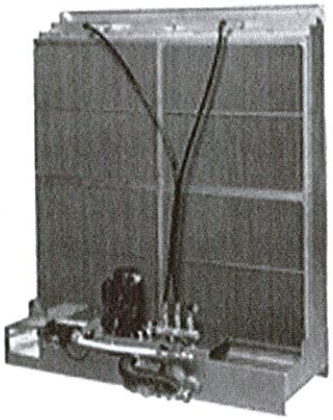
2. Evaporative Humidifier ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายสำหรับการบำบัดน้ำที่ใช้ในระบบ

• เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเพิ่มความชื้นอื่นๆ อาทิเช่น Spray Humidifier ที่มีค่าใช้จ่ายที่จะต้องบำบัดน้ำ (demineralized water) ก่อนที่จะนำไปใช้ในระบบเพิ่มความชื้น เพื่อป้องกันการอุดตันที่อาจจะเกิดขึ้นกับหัวสเปรย์ (Spraying Nozzle) และเพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาคที่หลงเหลืออยู่ในน้ำปะปนไปกับอากาศที่ออกจาก Spray Humidifier ซึ่งอาจจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่ Evaporative Humidifier ไม่มีความจำเป็นต้องใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดเนื่องจากอนุภาคในน้ำที่หลงเหลือจากการระเหยจะติดอยู่ที่ตัวกลางระเหยน้ำ และจะถูกชะล้างโดยระบบน้ำที่จ่ายเข้าสู่ตัวกลางระเหยน้ำ ไม่มีโอกาสที่อนุภาคเหล่านั้นจะปะปนไปกับอากาศที่ออกจาก Evaporative Humidifier ได้

3. Evaporative Humidifier ติดตั้งใช้งานและบำรุงรักษาได้ง่ายเหมาะสำหรับการติดตั้งในระบบท่อลมหรือ Air Handling Units

• Evaporative Humidifier โดยเฉลี่ยมีความหนาประมาณ 40cm - 60cm เท่านั้น จึงสามารถติดตั้งในระบบท่อลมหรือ Air Handling Units ได้ง่าย เมื่อเปรียบเทียบกับ Spray Humidifier หรือ Air washer ที่ต้องการตู้ที่มีความยาวมากกว่า

ภาพที่ 3: ลักษณะโดยทั่วไปของ Evaporative Humidifier



• เนื่องจากระบบ Evaporative Humidifier ไม่มีกลไกและระบบควบคุมที่ซับซ้อน จึงง่ายต่อการดูแลและบำรุงรักษา

4. Evaporative Humidifier ไม่มีปัญหาการเกิดหยดละอองน้ำที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

• ตัวกลางระเหยน้ำของ Evaporative Humidifier สามารถทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้น้ำส่วนที่หลงเหลือจากกระบวนการระเหย หลุดลอยไปกับอากาศ ซึ่งต่างกับวิธีเพิ่มความชื้นแบบ Spray หรือ Steam ที่ต้องมีการติดตั้ง แผ่นกันน้ำกระเด็น (Mist Eliminator หรือ Droplet Separator)

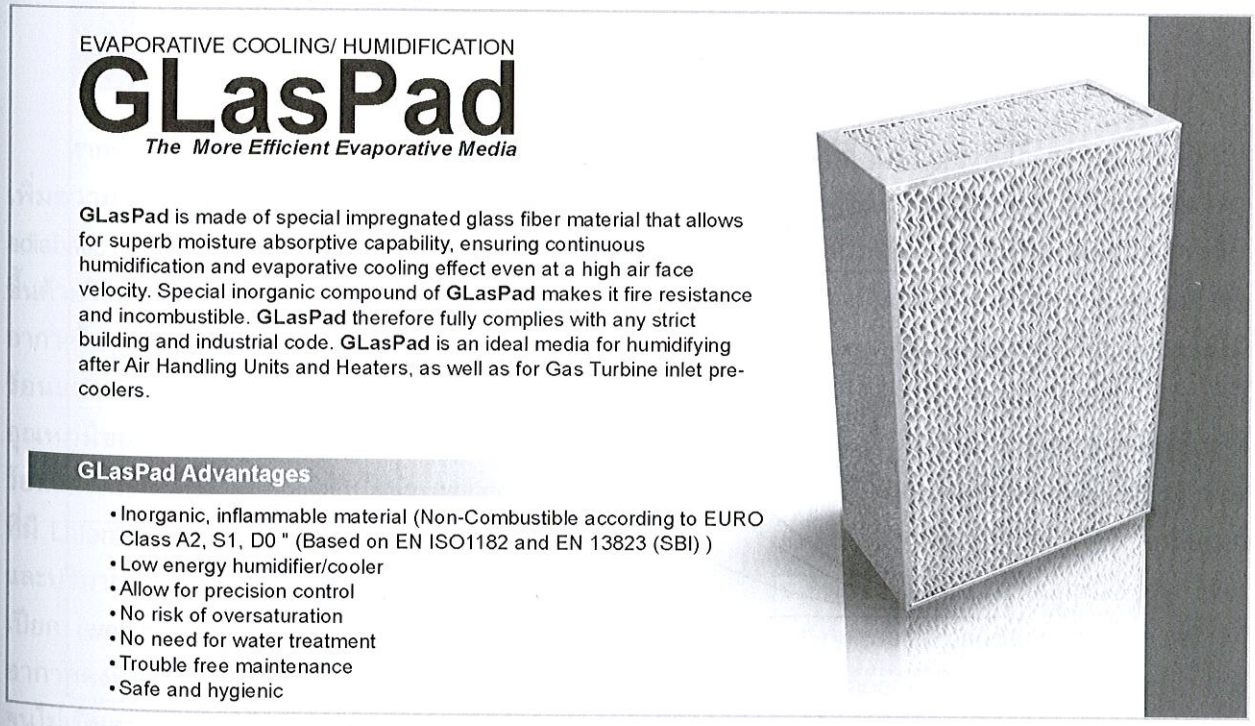
5. Evaporative Humidifier มีผลประโยชน์ข้างเคียงจากความเย็นที่ได้จากการระเหยน้ำ

• เช่นเดียวกับ Spray Humidifier การเพิ่มความชื้นโดยวิธี Evaporative Humidifier อาศัยหลักการเปลี่ยนสถานะของน้ำไปเป็นไอน้ำ ซึ่งในกระบวนการระเหยจะมีการดึงพลังงานความร้อนจากอากาศไปใช้ (กระบวนการระเหยน้ำ 1 kg จะดึงพลังงานความร้อนจากอากาศไปใช้เป็นจำนวน 540 kcal) ผลข้างเคียงที่ได้จากกระบวนการเพิ่มความชื้นด้วยวิธีดังกล่าวทำให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำลงด้วย หากเปรียบเทียบกับวิธี Steam Humidifier ที่มีการเพิ่มความร้อนให้กับอากาศ ดังนั้น Evaporative Humidifier จึงเหมาะสำหรับการเพิ่มความชื้นที่ต้องมีการปรับอุณหภูมิให้ต่ำลง

คุณลักษณะของตัวกลางสำหรับเพิ่มความชื้นโดยวิธีระเหยน้ำ (Evaporative Humidification Media)

ตัวกลางระเหยน้ำถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของวิธีการเพิ่มความชื้นโดยการระเหยน้ำโดยตัวกลางระเหยน้ำควรผลิตจากวัสดุอินทรีย์สารที่มีความสามารถในการซึมซับน้ำสูงแต่ไม่เปื่อยยุ่ยเมื่อต้องสัมผัสกับน้ำตลอดเวลา วัสดุดังกล่าวจะถูกนำมาขึ้นรูปมีลักษณะเป็นลอน และประกอบกันเป็นมุมไขว้ ด้วยองศาและขนาดของลอนที่แตกต่างกัน เพื่อขยายพื้นที่สัมผัสระหว่างน้ำและอากาศให้เกิดประสิทธิภาพในการระเหยน้ำสูงสุด โดยปกติตัวกลางระเหยน้ำจะมีพื้นที่สัมผัสในการระเหยน้ำระหว่าง 460 ตารางเมตร ถึง 690 ตารางเมตร ต่อปริมาตรตัวกลาง 1 ลูกบาศก์เมตร

ภาพที่ 4 : คุณลักษณะของตัวกลางเพิ่มความชื้นโดยวิธีระเหยน้ำ



ที่มา: HuTek (Asia) Co., Ltd. [http://www.hutek-asia.com]

ขนาดของลอนและลักษณะของมุมไขว้ที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการระเหยน้ำ (Saturation Efficiency) และความดันสถิตย์ (Static Pressure) ที่เกิดจากตัวกลางระเหยน้ำ ยกตัวอย่างเช่น

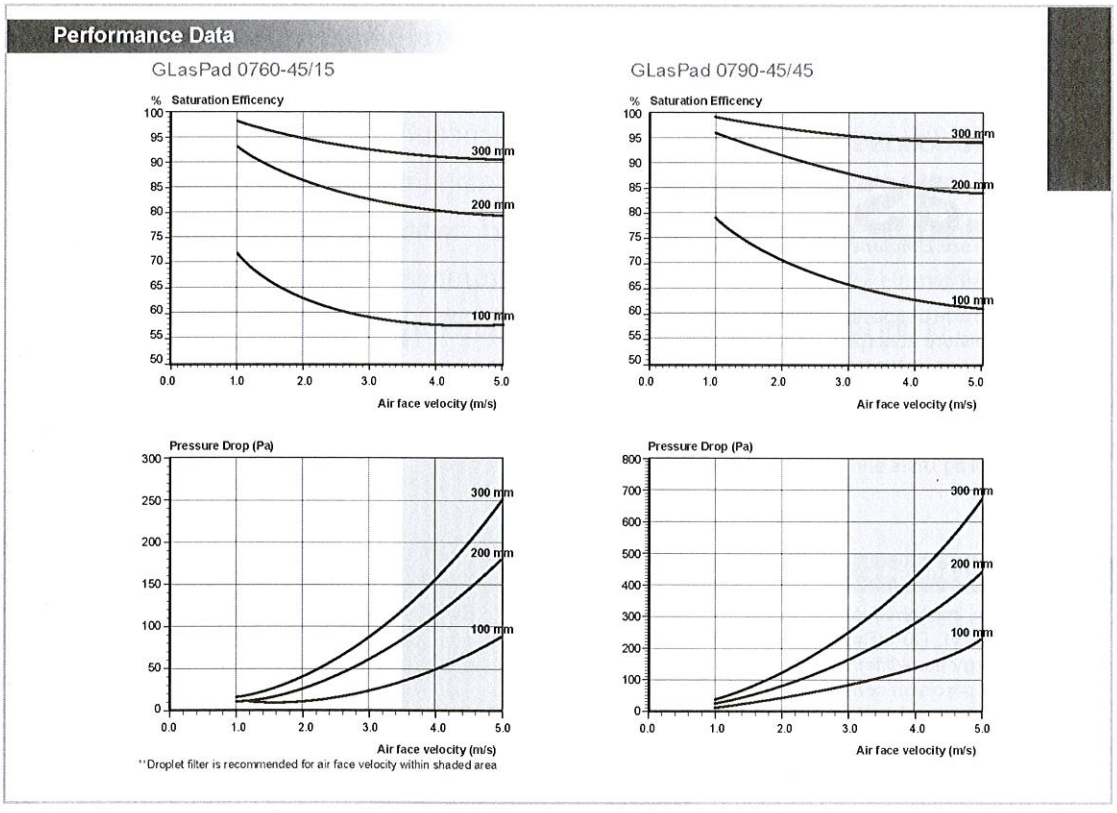
จาก Performance Curves ในภาพที่ 5 คำนวณที่ความเร็วลมหน้าตัด 2.0 m/s สำหรับตัวกลางที่มีความหนา 200 mm

ตัวกลางที่มีขนาดลอน 7 mm ที่มุมไขว้ 45° และ 15° จะมีประสิทธิภาพในการระเหยน้ำที่ 87% และมีความดันสถิตย์ที่ 25 pa ในขณะที่ตัวกลางที่มีขนาดลอน 7 mm ที่มุมไขว้ 45° และ 45° จะมีประสิทธิภาพในการระเหยน้ำที่ 92% และมีความดันสถิตย์ที่ 90 pa ซึ่งจะเห็นได้ว่าลักษณะของมุมไขว้แบบ 45° และ 15° จะมีลักษณะเด่นคือมีความดันสถิตย์ต่ำ ในขณะที่มุมไขว้แบบ 45° และ 45° จะมีลักษณะเด่นคือมีประสิทธิภาพในการระเหยน้ำที่สูงกว่า

คุณสมบัติสำคัญที่ทำให้ตัวกลางสำหรับเพิ่มความชื้นด้วยวิธีระเหยน้ำ (Evaporative Humidification Media) แตกต่างจากตัวกลางทำความเย็นด้วยการระเหยน้ำ (Evaporative Cooling Media) ที่ผลิตจาก Cellulose ได้แก่

- ตัวกลางระเหยน้ำสำหรับเพิ่มความชื้นต้องผลิตจากวัสดุอนินทรีย์สาร (inorganic material) ซึ่งไม่ก่อให้เกิดการสะสมของเชื้อแบคทีเรีย หรือ จุลินทรีย์ ซึ่งจะต้องผ่านมาตรฐานความสะอาดที่รองรับอาทิเช่น VDI6022 และ DIN EN13779 เป็นต้น
- ตัวกลางระเหยน้ำสำหรับเพิ่มความชื้นต้องผลิตจากวัสดุที่ไม่ติดไฟ (incombustible material) เนื่องจาก Evaporative Humidifier มักจะมีการใช้ร่วมกับ Heating Element และเป็นอุปกรณ์ที่ประกอบในระบบปรับอากาศซึ่งจะต้องอยู่ภายในอาคาร จึงจะต้องผ่านมาตรฐานวัสดุไม่ติดไฟที่รองรับอาทิเช่น ENISO1182 และ EN13823
- ตัวกลางระเหยน้ำสำหรับเพิ่มความชื้นต้องผลิตจากวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำที่สูงกว่าวัสดุ Cellulose เนื่องจากลักษณะการใช้งานโดยทั่วไปจะถูกออกแบบใช้งานที่ความเร็วลมหน้าตัดที่สูง โดยปกติวัสดุสำหรับตัวกลางเพิ่มความชื้นจะมีความสามารถในการ

ภาพที่ 5: ตัวอย่าง Performance Curves ของตัวกลางเพิ่มความชื้นโดยวิธีระเหยน้ำ



ที่มา: HuTek (Asia) Co., Ltd. [http://www.hutek-asia.com]

ซึมซับน้ำระหว่าง 2-3 เท่าของน้ำหนักของวัสดุเอง ในขณะที่ Cellulose โดยทั่วไปจะสามารถซึมซับน้ำได้เพียงประมาณ 1 เท่าของน้ำหนักวัสดุ

หลักการทำงานของการเพิ่มความชื้นโดยวิธีผ่านตัวกลางระเหยน้ำ

เมื่ออากาศถูกนำมาผ่านตัวกลางเพิ่มความชื้นที่ถูกหล่อเลี้ยงด้วยน้ำที่มีพื้นที่สัมผัสในการระเหยน้ำที่สูง น้ำจะระเหย โดยดึงพลังงานจากอากาศมาใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากน้ำกลายเป็นไอน้ำ (water vapor) อากาศที่ผ่านตัวกลางจะถูกทำให้ชื้นขึ้นและมีอุณหภูมิที่ต่ำลงดังตัวอย่างตามภาพที่ 6

ประสิทธิภาพของตัวกลางระเหยน้ำ (Saturation Efficiency*) จะแสดงถึงความสมบูรณ์ในกระบวนการระเหยน้ำ โดยแสดงได้ตามสมการดังต่อไปนี้

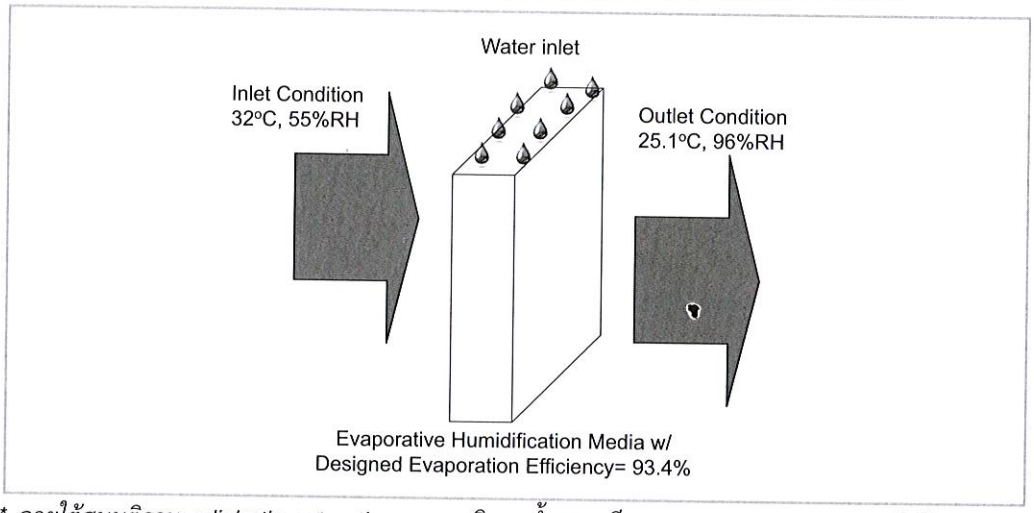
$$\text{Saturation efficiency} = \frac{T_{\text{db-inlet}} - T_{\text{db-outlet}}}{T_{\text{db-inlet}} - T_{\text{wb-inlet}}}$$

$T_{\text{db-inlet}}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry bulb temperature) ของ inlet air

$T_{\text{db-outlet}}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry bulb temperature) ของ outlet air

$T_{\text{wb-inlet}}$ = อุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb temperature) ของ inlet air

ภาพที่ 6: หลักการทำงานของการเพิ่มความชื้นโดยวิธีผ่านตัวกลางระเหยน้ำ



** ภายใต้สมมุติฐาน adiabatic saturation อุณหภูมิของน้ำหมุนเวียน (recirculating water) เท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb temperature) ของ inlet air และไม่มีความร้อนจากแหล่งอื่น*

หากพิจารณาในหลักทฤษฎีของอากาศกระบวนการเพิ่มความชื้นในลักษณะดังกล่าว ภายใต้สมมุติฐาน adiabatic saturation จะเห็นได้ว่ากระบวนการเพิ่มความชื้นด้วยวิธีดังกล่าวเป็นการถ่ายเท Sensible heat จากอากาศไปสู่ผิวน้ำและเปลี่ยนเป็น Latent heat (ความร้อนแฝงของการเปลี่ยนสถานะจากน้ำไปเป็นไอน้ำ) อุณหภูมิของอากาศต่ำลงเนื่องจากการสูญเสียความร้อนและในขณะเดียวกันจะดูดซับไอน้ำ (water vapor) ที่มี Latent heat ในปริมาณที่เท่ากัน ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณน้ำในอากาศสูงขึ้น โดยที่อุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb temperature) และ enthalpy ของอากาศคงที่ (หรือเปลี่ยนแปลงในปริมาณที่น้อยมากจนไม่เป็นสาระสำคัญ)

ในทางปฏิบัติ Evaporative humidifier ที่ใช้ระบบน้ำหมุนเวียน (recirculating water) ในปริมาณที่เพียงพอและติดตั้งอยู่ภายในท่อลมหรือ air handling unit ภายในอาคารที่มีการป้องกันแหล่งความร้อนจากภายนอก จะทำงานค่อนข้างสอดคล้องกับกระบวนระเหยภายใต้สมมุติฐาน adiabatic saturation เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำที่หมุนเวียนอยู่ในระบบจะมีความใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb temperature) ของ inlet air และไม่มีแหล่งความร้อนจากภายนอกมารบกวนระบบ ดังแสดงในด้วยเส้นทึบลูกศรจากจุด inlet condition ไปยังจุด outlet condition (A) ในภาพที่ 7

ในกรณีที่ Evaporative humidifier ใช้ระบบน้ำผ่าน (direct water) ที่อุณหภูมิของน้ำสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะ

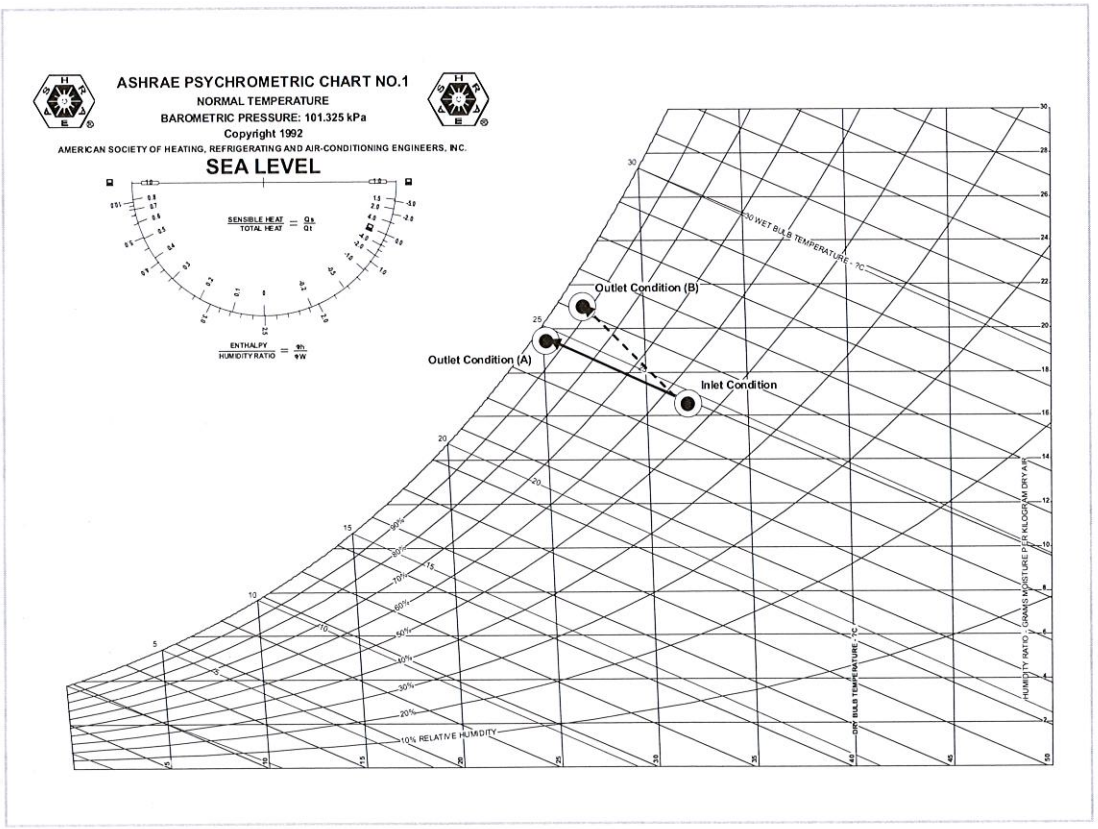
เปียก (wet bulb temperature) ของ inlet air และ/หรือ ระบบได้รับการรบกวนจากแหล่งความร้อนภายนอก การทำงานจะสอดคล้องกับสมมุติฐาน nonadiabatic saturation ที่กระบวนการระเหยจะมีความร้อนที่มาจากแหล่งอื่น และจะมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกระเปาะเปียกและ enthalpy ของอากาศระหว่างกระบวนการของการระเหย (ดังแสดงด้วยเส้นประลูกศรจากจุด inlet condition ไปยังจุด outlet condition (B) ในภาพที่ 7

ส่วนประกอบของเครื่องเพิ่มความชื้นโดยวิธีผ่านตัวกลางระเหยน้ำ

Evaporative Humidifier มีส่วนประกอบที่ไม่ซับซ้อนได้แก่ ตัวกลางระเหยน้ำ (Evaporative Media) ซึ่งอาจติดตั้งมาในโครงที่ถอดเปลี่ยนได้ (removable cassette) ติดตั้งอยู่บนโครงสร้างซึ่งประกอบไปด้วยช่องสำหรับต่อน้ำเข้า (water inlet) และช่องสำหรับต่อน้ำทิ้ง (water outlet) และถังเก็บน้ำ (water reservoir) และมีชุดปั๊มน้ำ (circulating pump) สำหรับระบบจ่ายน้ำหมุนเวียนไปสู่ตัวกลางระเหยน้ำ

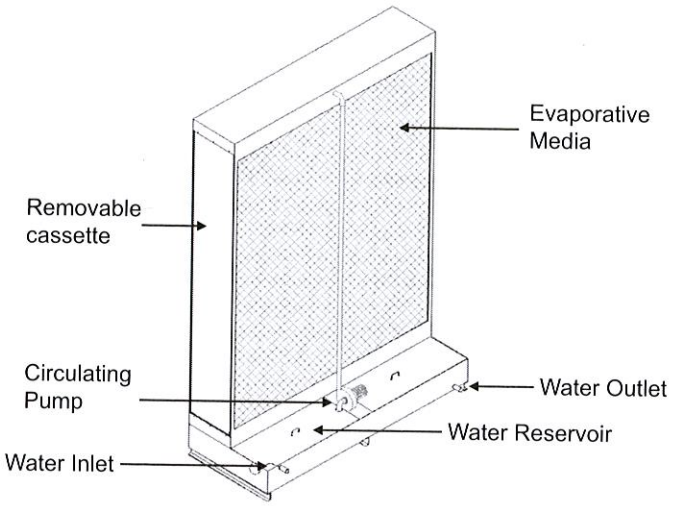
Evaporative Humidifier ในปัจจุบันอาจประกอบไปด้วยชุดจ่ายอนุภาค Silver ion (Ag+) เพื่อช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในระบบน้ำหมุนเวียน และอาจมีระบบควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ที่สั่งงานควบคุมระบบต่างๆ ทั้งระบบจ่ายน้ำ ระบบถ่ายน้ำ ระบบน้ำหมุนเวียน และระบบจ่ายอนุภาค เพื่อให้ระบบ evaporative humidifier ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นส่วนอื่นๆ

ภาพที่7: Psychrometric Chart เปรียบเทียบแสดงหลักการทำงานของการเพิ่มความชื้นโดยวิธีผ่านตัวกลางระเหยน้ำภายใต้สมมุติฐาน adiabatic saturation (A) และ nonadiabatic saturation (B)



ที่มา: Psychrometric chart from ASHRAE [http://www.ashrae.org]

ภาพที่ 8 : ส่วนประกอบของเครื่องเพิ่มความชื้น **Evaporative Humidifier**

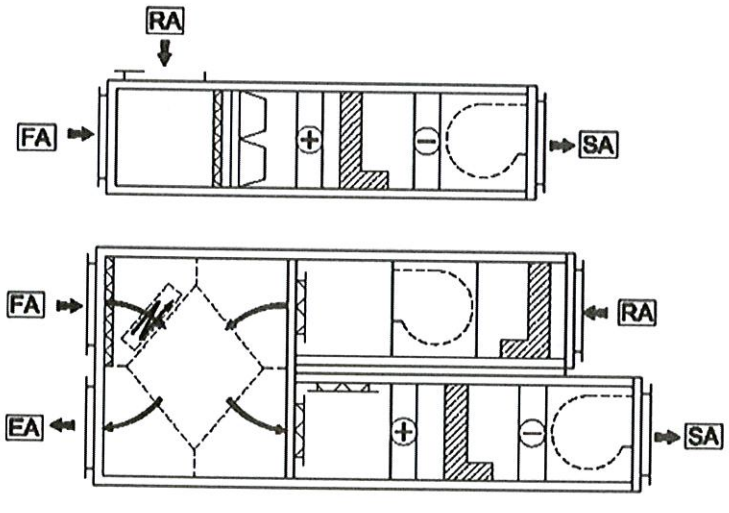


รูปแบบการติดตั้ง

Evaporative Humidifier สามารถที่จะติดตั้งในระบบท่อลม และ/หรือ ในชุด packaged air handling unit โดยรูปแบบการติดตั้งมาตรฐานจะประกอบด้วยชุดพัดลมดูดอากาศ, Heating Elements, Evaporative Humidifier, และ Cooling Coils โดย Heating Elements จะทำหน้าที่ในการอุ่นอากาศให้อยู่ในระดับที่สามารถรองรับไอน้ำในปริมาณตามที่คำนวณไว้ (โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการความเพิ่มชื้นในปริมาณมาก และ/หรือ inlet air มีอุณหภูมิต่ำ) ก่อนที่จะผ่านไปสู่ชุด Evaporative Humidifier เพื่อเพิ่มความชื้น และอาจมี Cooling coils เพื่อช่วยในการปรับแต่งอุณหภูมิสุดท้ายก่อนจ่ายเข้าสู่ระบบ

นอกจากนี้ยังมีการติดตั้ง Evaporative Humidifier ใน packaged air handling unit ในรูปแบบที่ซับซ้อนมากขึ้นเพื่อช่วยในการประหยัดพลังงาน โดยประกอบด้วยชุดแลกเปลี่ยนพลังงาน (Plate Heat Exchanger) และชุด Evaporative Humidifier อีกหนึ่งชุดสำหรับ return air โดยชุดแลกเปลี่ยนพลังงานจะทำหน้าที่ในการปรับอุณหภูมิเบื้องต้นให้แก่อากาศบริสุทธิ์ (fresh air) ที่จ่ายเข้าสู่ระบบ ก่อนที่นำอากาศไปสู่กระบวนการเพิ่มความชื้นและปรับแต่งอุณหภูมิในขั้นตอนสุดท้าย

ภาพที่ 9: ลักษณะการติดตั้งโดยทั่วไปของ **Evaporative Humidifier**



RA: Return Air, FA: Fresh Air, SA: Supply Air, EA: Exhaust Air, Evaporative Humidifier

ตัวอย่างการคำนวณการเพิ่มความชื้นโดยวิธีผ่านตัวกลางระเหยน้ำ

โดยปกติการคำนวณการเพิ่มความชื้นจะใช้ Simulation program เพื่อความสะดวก เนื่องจากมีตัวแปรและข้อกำหนดในการออกแบบหลายตัวแปร สำหรับตัวอย่างต่อไปนี้จะแสดงการคำนวณโดยแสดงสมการอ้างอิง

ตัวอย่างระบบเพิ่มความชื้นที่มีปริมาณลม 5,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มีข้อมูลและข้อกำหนดต่างๆ ในการออกแบบดังต่อไปนี้

1. Designed Inlet Condition
   - Summer: 32°Cdb, 55%RH, 24.6°Cwb
   - Winter: 15°Cdb, 80%RH, 13°Cwb
2. Required Outlet Condition
   - 25°C ± 2, 90%RH ± 10
3. Other parameters
   - Additional static pressure from Evaporative Humidifier ≤ 100pa
   - Minimum saturation efficiency = 90%
   - Air volume = 5,000 CMH

การคำนวณตามข้อกำหนดเบื้องต้นโดยกำหนดชนิดตัวกลางประเภทที่มีความสูงของลอน 7 mm และมีมุมตัด 45° และ 15° (GLasPad 0760-45/15 type) จากภาพที่ 3 จะพบว่า GLasPad 0760-45/15 ที่มีความหนา 300 mm และมีความเร็วลมผ่านที่ 2.8 เมตรต่อวินาที จะมีประสิทธิภาพในการระเหยน้ำ (saturation efficiency) ที่ 93.4% และมีความดันสถิตย์ที่ 77pa ซึ่งประสิทธิภาพของการระเหยน้ำและความดันสถิตย์อยู่ในข้อกำหนดของตัวอย่างที่กำหนดไว้ข้างต้น

สมการอ้างอิงที่ใช้ในการคำนวณมีดังต่อไปนี้

1. $EA = [A/3,600]/V$
   - EA คือ พื้นที่หน้าตัดของ Evaporative Media (m^2)
   - A คือ ปริมาณลม ในที่นี้คือ 5,000 CMH (m^3/hour)
   - V คือ ความเร็วลมหน้าตัดผ่านตัวกลางระเหยน้ำ (m/second)

ดังนั้นสำหรับตัวอย่างนี้

$$EA = [5,000/3,600]/2.8 = 0.5m^2$$

2. $T_{db\text{-}outlet} = T_{db\text{-}inlet} - E * (T_{db\text{-}inlet} - T_{wb\text{-}inlet})$
   - $T_{db\text{-}outlet}$ คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งหลังผ่านเครื่องเพิ่มความชื้น (°C)
   - $T_{db\text{-}inlet}$ คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอุณหภูมิอากาศเข้า (°C)
   - E คือ saturation efficiency ของตัวกลางระเหยน้ำ (%) สำหรับตัวอย่างนี้คือ 93.4%
   - $T_{wb\text{-}inlet}$ คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอุณหภูมิอากาศเข้า (°C)

3. $T_{wb\text{-}outlet} = T_{wb\text{-}inlet}$ ภายใต้สมมุติฐานกระบวนการระเหยน้ำแบบ adiabatic saturation
   - $T_{wb\text{-}outlet}$ คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศหลังผ่านเครื่องเพิ่มความชื้น (°C)
   - $T_{wb\text{-}inlet}$ คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศเข้า (°C)

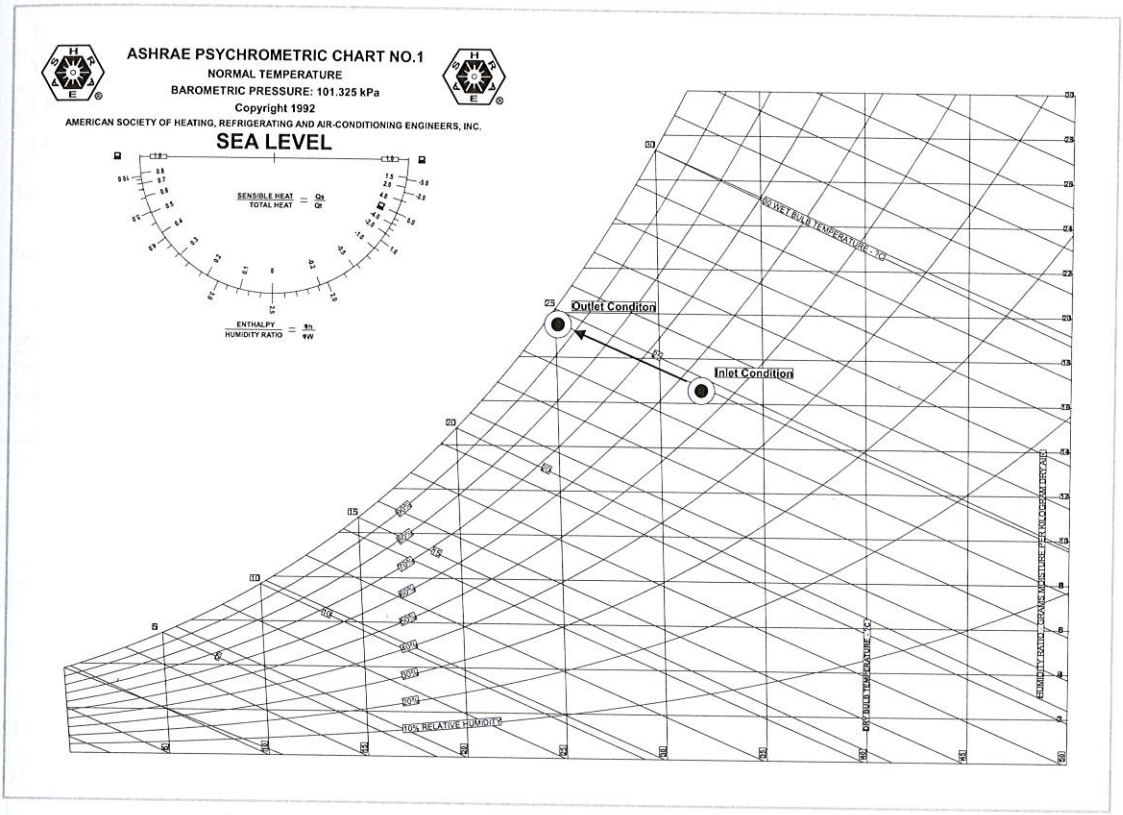
4. $H = (d * A * \Delta x)/1,000$
   - H คือ humidifying capacity (kg/hour)
   - d คือ ความหนาแน่นของอากาศ เพื่อความสะดวกในการคำนวณสมมุติให้เป็นค่าคงที่ 1.2 kgs/m^3
   - A คือ ปริมาณลม ในที่นี้คือ 5,000 CMH (m^3/hour)
   - Δx คือ Humidity ratio ของ outlet condition ลบ ด้วย humidity ratio ของ inlet condition (g/kg)

ดังนั้นสำหรับตัวอย่างนี้

$$H = (1.2 * 5,000 * \Delta x)/1,000 = 6 * \Delta x$$

กระบวนการเพิ่มความชื้นสำหรับ Inlet condition ในกรณี summer เป็นไปตามภาพที่ 10 ดังนี้

ภาพที่ 10: Psychrometric Chart แสดงผลการเพิ่มความชื้นสำหรับ Summer Condition



ที่มา: Psychrometric chart from ASHRAE [http://www.ashrae.org]

Summer Condition:

	Inlet Condition	Outlet Condition
Dry bulb temperature (°C)	32.00	25.11[2]
Relative Humidity (%)	55.00	96.11*
Wet bulb temperature (°C)	24.62	24.62[3]
Humidity ratio (g/kg)	16.56*	19.48*
Humidifying Capacity (kg/hour)		17.52[4]

*หมายเลขที่กำกับคือหมายเลขของสมการที่ใช้อ้างอิงในการคำนวณ, *ได้มาจาก psychrometric chart*

ภาพที่ 11: แสดงผลการคำนวณโดย Simulation Program สำหรับ Summer Condition

HuTek
HuTek (Asia) Company Ltd.

HUTEK (ASIA) Co., Ltd.
91 Soi Akkaphat (Thonglor 17), Klongton Nua, Vadhana, Bangkok 10110 T: +662 185 2831-4 F: +662 712 6098
http://www.hutek-asia.com E-mail: info@hutek-asia.com

HUMIDIFIER CALCUATOR V 1.1

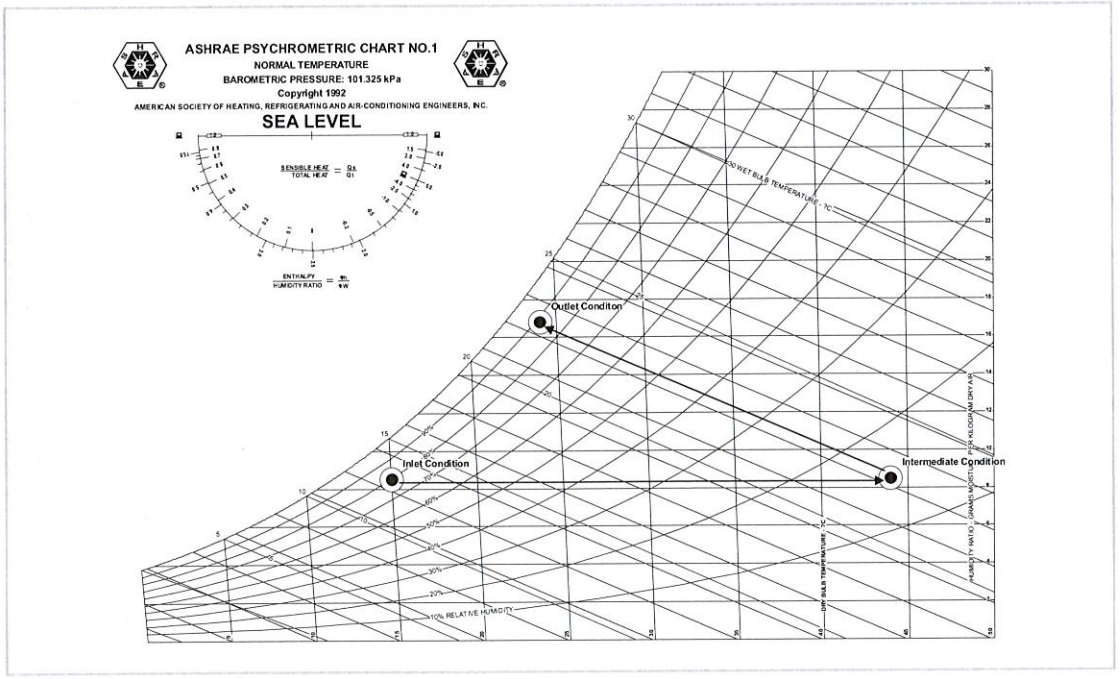
Inlet Condition			Heating Element	Intermediate condition			GLasPad			Outlet Condition		
											Required	Design
Air Volume	5,000.00	CMH	Power Requirement (kW)				Type	0760				
Temperature	32.00	oCdb	-	Temperature	32.00	oCdb	Depth	300mm		Temperature	25.00	25.11 oCdb
%RH	55.0%			%RH	55.0%		Velocity	2.8	m/s	%RH	90.0%	96.1%
Altitude	0.000	m		Altitude	0.000	m	Efficiency	93.4%		Altitude	0.000	0.000 m
Moisture	16.56	g/kg		Moisture	16.56	g/kg	Pressure	76.8	Pa	Moisture	18.09	19.48 g/kg
Wet Bulb	24.62	oCwb		Wet Bulb	24.62	oCwb	Design surface area (sqm)			Wet Bulb	23.72	24.62 oCwb
Density	1.13	kg/m3		Density	1.13	kg/m3		0.50		Density	1.15	1.15 kg/m3

Simulation Options		Design Constraints	
Target Outlet Temperature		Maximum Velocity (m/s)	3
Maximum Deviation from target %RH allowed	5	Minimum Velocity (m/s)	1
		Maximum Static Pressure (Pa)	100
		Maximum Intermediate Temperature (Cdb)	100

ที่มา: HuTek (Asia) Co., Ltd. [http://www.hutek-asia.com]

สำหรับ Winter condition จะต้องมีการอุ่นอากาศโดยใช้ Heating Elements ก่อนผ่านเข้าสู่ Evaporative Humidifier เพื่อให้อากาศมีความสามารถในการรองรับไอน้ำได้เพียงพอกับปริมาณที่ต้องการก่อนที่จะนำอากาศผ่านเครื่องเพิ่มความชื้นเพื่อให้ได้สภาวะอากาศตามที่ต้องการต่อไป ซึ่งกระบวนการเพิ่มความชื้นสำหรับ winter เป็นไปตามภาพที่ 12 ดังนี้

ภาพที่ 12: Psychrometric Chart แสดงผลการเพิ่มความชื้นสำหรับ Winter Condition



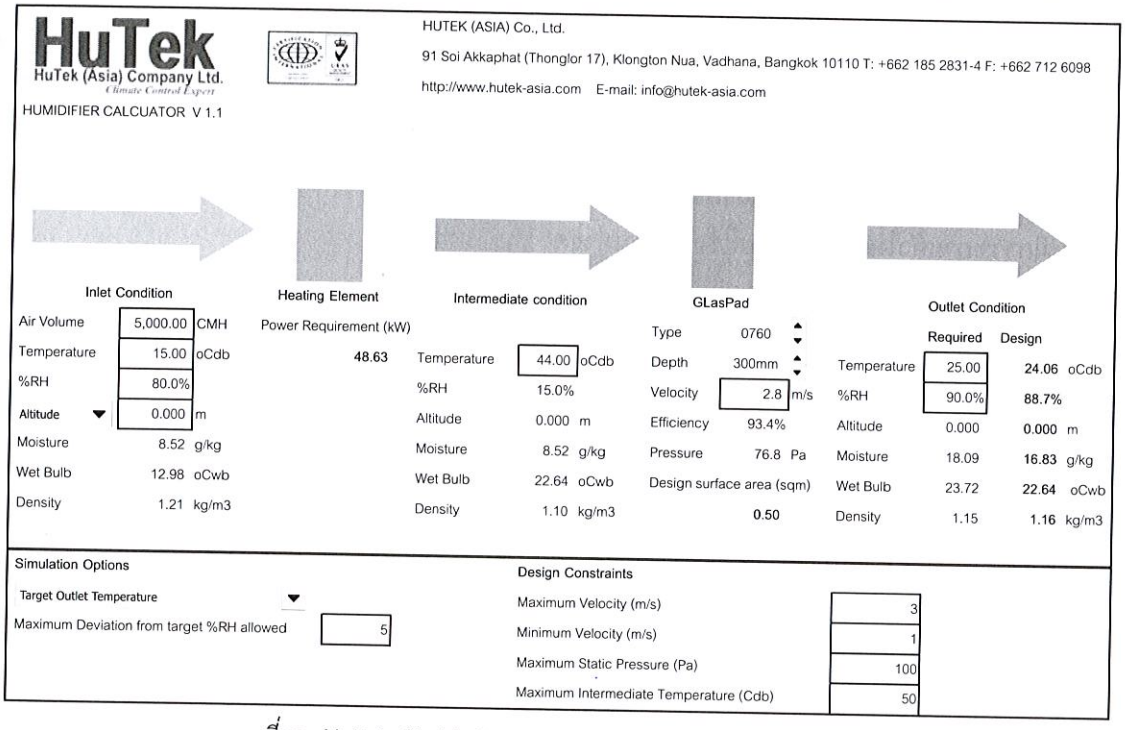
ที่มา: Psychrometric chart from ASHRAE [http://www.ashrae.org]

Winter Condition:

	Inlet Condition	Intermediate Condition	Outlet Condition
Dry bulb temperature (°C)	15.00	44.00	24.06[2]
Relative Humidity (%)	80.00	15.00*	88.70*
Wet bulb temperature (°C)	12.98*	22.64*	22.64[3]
Humidity ratio (g/kg)	8.52*	8.52*	16.83*
Humidifying Capacity (kg/hour)			49.86[4]

*หมายเลขที่กำกับคือหมายเลขของสมการที่ใช้อ้างอิงในการคำนวณ, *ได้มาจาก psychrometric chart*

ภาพที่ 13: แสดงผลการคำนวณโดย Simulation Program สำหรับ Winter Condition



ที่มา: HuTek (Asia) Co., Ltd. [http://www.hutek-asia.com]

สรุป

วิธีการเพิ่มความชื้นโดยผ่านตัวกลางระเหยน้ำ (Evaporative Humidifier) ใช้พลังงานต่ำและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในขณะเดียวกัน ระบบเพิ่มความชื้นโดยวิธีดังกล่าวยังสามารถออกแบบและติดตั้งได้ง่ายและมีการบำรุงรักษาที่สะดวกและไม่ซับซ้อน ดังนั้น วิธีการเพิ่มความชื้นโดยผ่านตัวกลางระเหยน้ำ (Evaporative Humidifier) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ