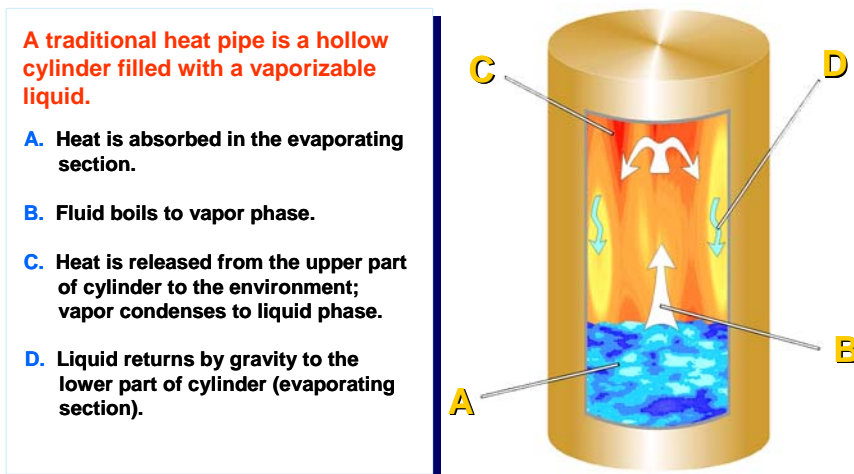


ข้อมูลเทคโนโลยีเชิงลึก การลดความชื้นด้วยฮีทไปป์ (Heat Pipe Dehumidification)

1. หลักการทำงานของเทคโนโลยี⁽¹⁾

ฮีทไปป์ คือ อะไร

ฮีทไปป์คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนหรือส่งถ่ายความร้อนได้โดยไม่ต้องใช้พลังงานจากภายนอก ส่วนประกอบของฮีทไปป์จะเป็นท่อโลหะที่ปิดหัวท้ายภายในเป็นสุญญากาศที่มีสารทำงาน (Working Fluid) บรรจุอยู่ภายใน ซึ่งมักจะเป็นสารทำความเย็น (Refrigerant) ฟร็อน 22 หรือ 134a การทำงานของฮีทไปป์อาศัยหลักการเปลี่ยนสถานะจากการระเหยและควบแน่นร่วมกับแรงโน้มถ่วงของสารทำงาน โดยไม่ใช้พลังงานจากภายนอก (Passive) กล่าวคือสารทำงานในท่อด้านที่ต่ำกว่าเมื่อได้รับความร้อนก็จะระเหยเป็นไอลอยขึ้นอีกด้านที่สูงกว่าแล้วคายความร้อนออก ทำให้ไอของสารทำงานมีอุณหภูมิลดลงถึงจุดควบแน่น แล้วกลายเป็นของเหลวตกลงสู่ด้านที่ต่ำกว่าอีกครั้ง และด้วยเหตุนี้จึงเรียกด้านที่อยู่ต่ำกว่าว่าด้านระเหย (Evaporation Section) และเรียกด้านที่อยู่สูงกว่าว่าด้านควบแน่น (Condensation Section) ดังแสดงในรูปที่ 1.1



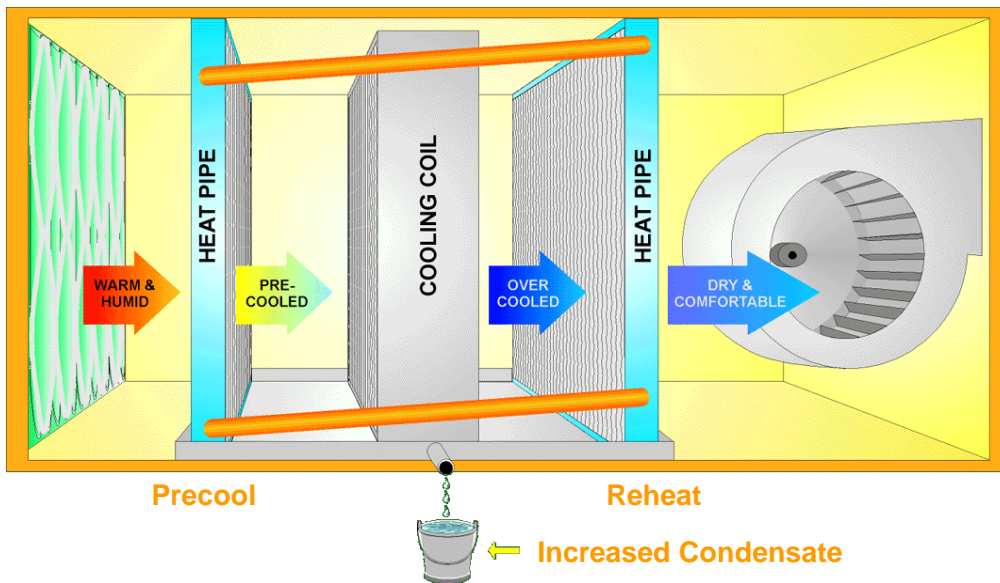
รูปที่ 1.1: แสดงโครงสร้างภายในของฮีทไปป์⁽¹⁾

การใช้ฮีทไปป์ในการลดความชื้น

ฮีทไปป์สามารถใช้ในการลดความชื้นในระบบปรับอากาศ โดยการติดตั้งฮีทไปป์คร่อมคอยล์เย็น (Cooling Coil) ของระบบปรับอากาศ ฮีทไปป์ที่ติดตั้งจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก เรียกว่า ส่วนให้ความเย็นเบื้องต้น (Precool Heat Pipe Section) ซึ่งอยู่ทางช่องลมเข้าก่อนที่ที่จะผ่านคอยล์เย็น เมื่ออากาศร้อนผ่านฮีทไปป์ส่วนนี้ อากาศร้อนก็จะถ่ายเทความร้อนให้แก่ฮีทไปป์ อากาศที่ผ่านไปยังคอยล์เย็นจึงมีอุณหภูมิลดลงกว่าปกติ ทำให้คอยล์เย็นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากไอน้ำกลั่นตัวได้มาก อุณหภูมิของอากาศที่ผ่านคอยล์เย็นจะเย็นกว่าเครื่องปรับอากาศทั่วไป (Overcooled Air)

ในขณะที่ฮีทไปป์ส่วนแรกรับพลังงานจากลมร้อน สารทำความเย็นภายในตัวฮีทไปป์จะระเหยและพาความร้อนที่ได้รับจากอากาศร้อนนั้นไปยังฮีทไปป์ส่วนที่สอง (Reheat Heat Pipe Section) เมื่ออากาศจากคอยล์เย็นผ่านฮีทไปป์ส่วนที่สอง ก็จะได้รับความร้อนจากฮีทไปป์ส่วนนี้ ทำให้อากาศที่ผ่านระบบมีอุณหภูมิที่พอเหมาะ

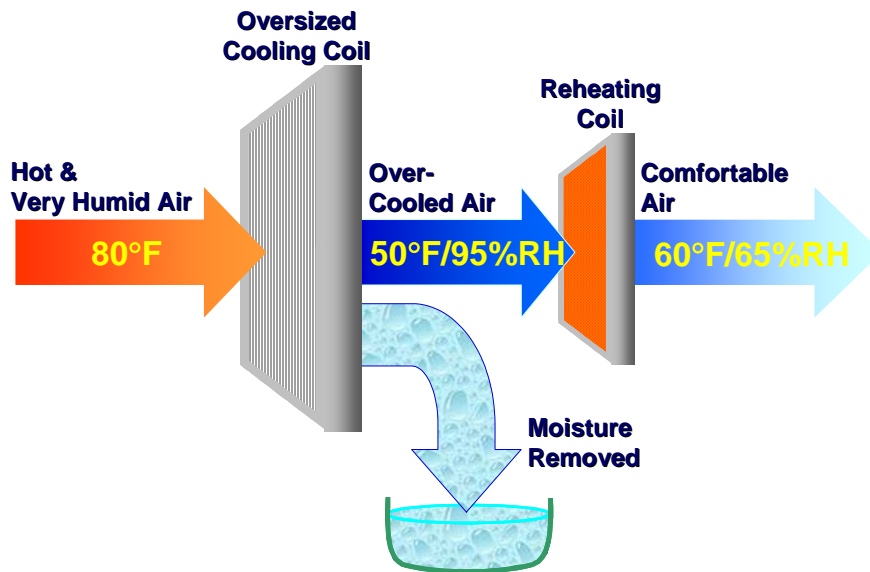
ขั้นตอนทั้งหมดเกิดขึ้นโดยไม่อาศัยพลังงานจากภายนอก และผลที่ได้คือ เครื่องปรับอากาศสามารถดึงเอาความชื้นจากอากาศได้สูงถึง 50%-100% กว่าปกติ



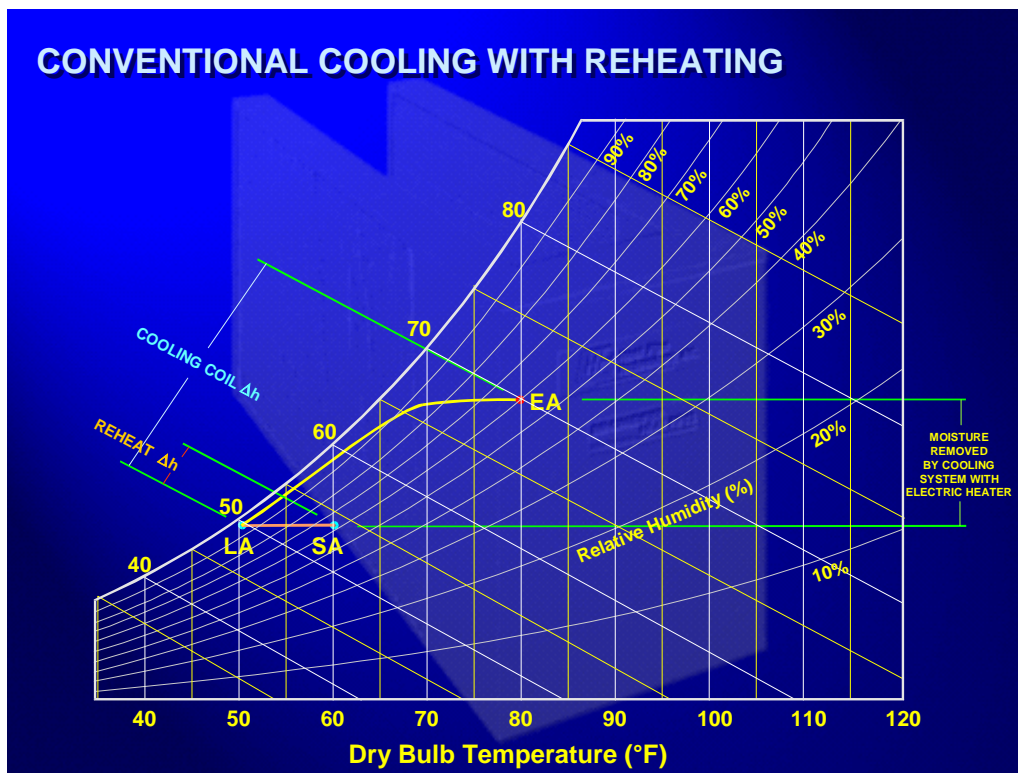
รูปที่ 1.2: ระบบลดความชื้นด้วยฮีทไปป์ (1)

2. การใช้ทดแทนเทคโนโลยีเดิม

การควบคุมความชื้นในระบบปรับอากาศโดยทั่วไปจะใช้คอยล์เย็นเพื่อทำหน้าที่ในการดึงความชื้นออกจากอากาศ โดยอากาศภายนอกที่ร้อนชื้นเมื่อผ่านคอยล์เย็นก็จะคายความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) ทำให้อุณหภูมิต่ำลง ถ้าคอยล์เย็นมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดกลั่นตัวของไอน้ำ (Dew Point) ไอน้ำบางส่วนจะคายความร้อนแฝง (Latent Heat) พร้อมทั้งควบแน่นเป็นหยดน้ำ ในกรณีนี้อากาศที่ผ่านการดึงความชื้นออกแล้วจะเป็นจัด (Overcooled Air) ไม่เหมาะสมที่จะส่งผ่านเข้าไปยังพื้นที่ทำงานได้ จึงต้องใช้ชดเชยไฟฟ้าหรือท่อแก๊สร้อนทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นกว่าเดิม เพื่อให้ได้อากาศที่อุณหภูมิสบาย (Comfortable Air) ทำให้ต้องใช้พลังงานสูงเพื่อทำให้อากาศเย็นและร้อนในภายหลัง ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และแผนภูมิ Psychrometric ในรูป 2.2

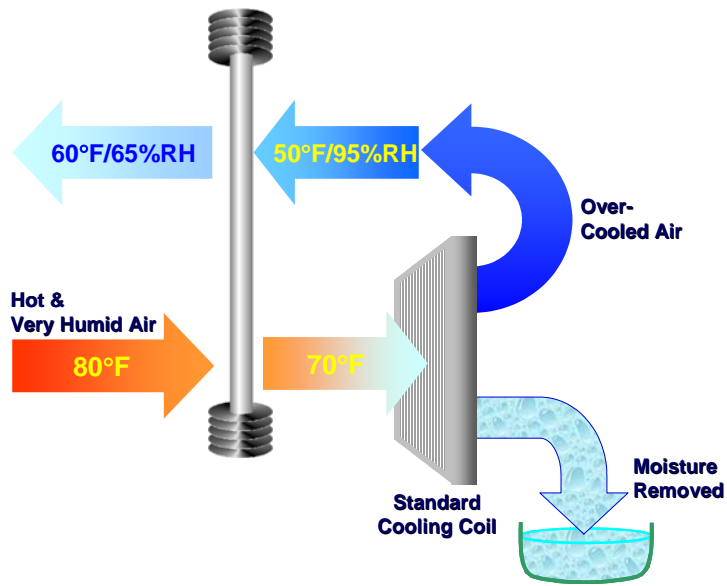


รูปที่ 2.1: แสดงการลดความชื้นในระบบปรับอากาศทั่วไป⁽¹⁾

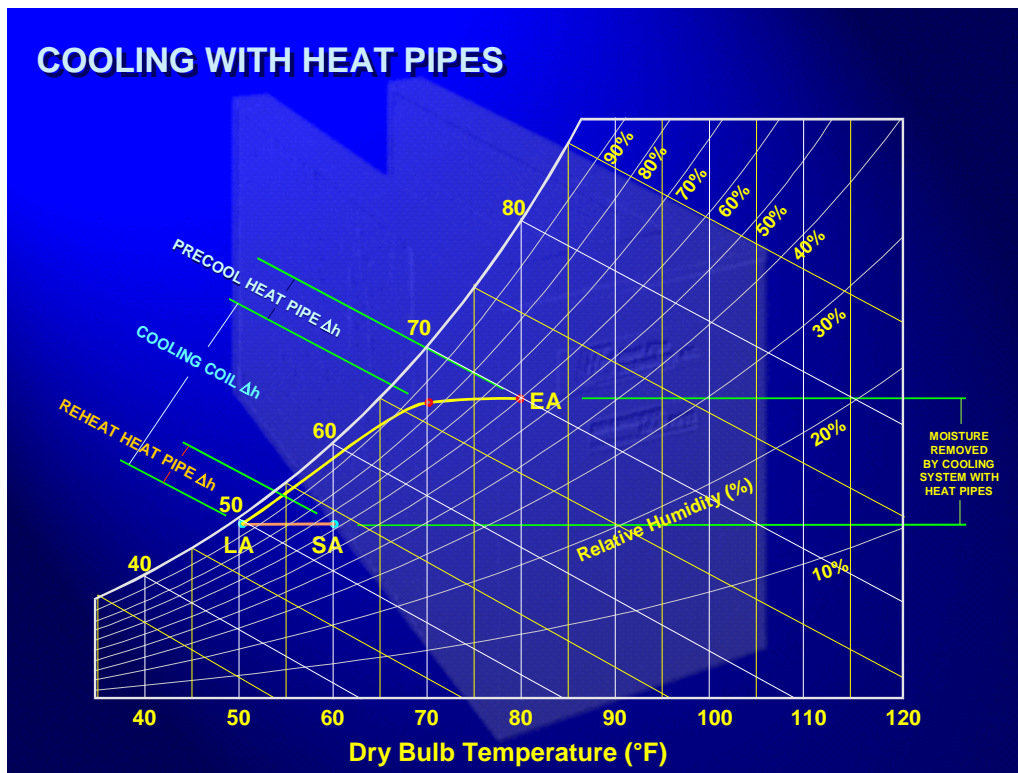


รูปที่ 2.2: แผนภูมิ Psychrometric ของการลดความชื้นในระบบปรับอากาศทั่วไป⁽²⁾

เมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิม การติดตั้งฮีทไปป์จึงสามารถลดความชื้นของอากาศ โดยไม่ต้องใช้พลังงานในการลดอุณหภูมิอากาศให้เย็นกว่าปกติเพื่อดึงความชื้น (Overcool) และไม่ต้องใช้ไฟฟ้าหรือพลังงานความร้อนในการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศ (Reheat) ให้เป็นไปตามที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และแผนภูมิ Psychrometric ในรูป 2.4



รูปที่ 2.3: แสดงการลดความชื้นด้วยฮีทไปป์⁽¹⁾

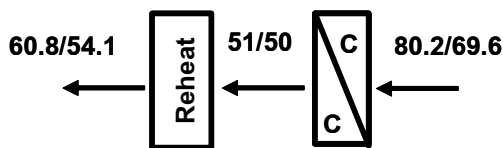
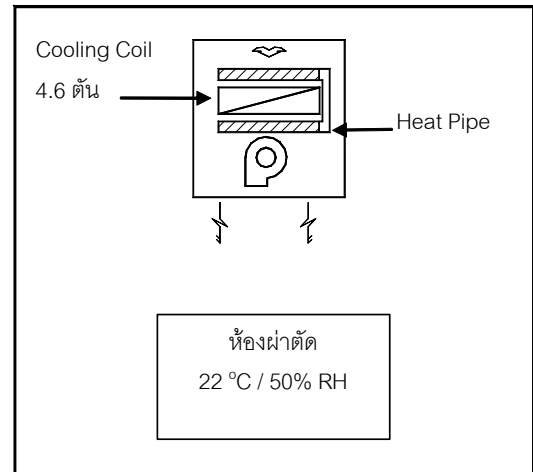
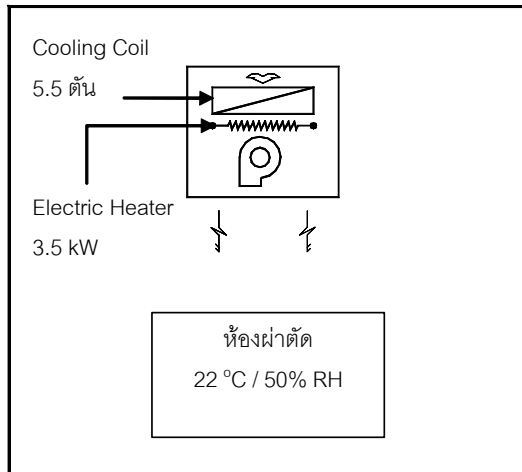


รูปที่ 2.4: แผนภูมิ Psychrometric ของการลดความชื้นด้วยฮีทไปป์⁽²⁾

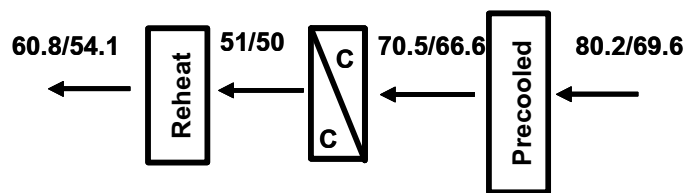
3. ศักยภาพการประหยัดพลังงาน

จากข้อมูลกรณีศึกษาการติดตั้งในต่างประเทศ⁽³⁾ และกรณีศึกษาในประเทศไทย⁽⁴⁾ การลดความชื้นด้วยฮีทไปป์สามารถลดการใช้พลังงานที่ใช้ในกระบวนการลดความชื้นของอากาศที่เดิมเข้าสู่ระบบปรับอากาศ ได้ประมาณ 30%-50% เมื่อเทียบกับระบบลดความชื้นเดิมที่ทำให้อากาศเย็นลงกว่าปกติ (Overcool) และใช้พลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานความร้อนในการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศในภายหลัง (Reheat)

ทั้งนี้ศักยภาพการประหยัดพลังงานสามารถแสดงให้เห็นได้ดังกรณีตัวอย่างการติดตั้งระบบลดความชื้นด้วยฮีทไปป์กับระบบปรับอากาศของโรงพยาบาล⁽⁶⁾ เพื่อต้องการควบคุมสภาวะอากาศในพื้นที่ห้องผ่าตัดให้อยู่ที่ 22 °C 50% RH โดยระบบลดความชื้นด้วยฮีทไปป์สามารถให้ผลประหยัดเมื่อเทียบกับระบบเดิมที่ใช้การทำความเย็นและการใช้ขดลวดให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าขนาด 3.5 kW ดังนี้



ระบบเดิมที่ใช้ Electric Heater



ระบบที่ติดตั้ง Heat Pipe

	รายละเอียด	การปรับอากาศและความคุมความชื้น	
		ระบบเดิมที่ติดตั้ง Heater	ระบบที่ติดตั้ง Heat Pipe
PRECOOL	อากาศเข้า (°FDB/°FWB)	-	80.2 / 69.6
	อากาศออก (°FDB/°FWB)	-	70.5 / 66.6
	ปริมาณการถ่ายเทความร้อน (Btu/h)	-	11,807 (0.98 Ton)
	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)	-	-
COOLING COIL	อากาศเข้า (°FDB/°FWB)	80.2 / 69.6	70.5 / 66.6
	อากาศออก (°FDB/°FWB)	51 / 50	51 / 50
	ขนาดทำความเย็น (Btu/h)	66,511 (5.5 Ton)	54,704 (4.6 Ton)
	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)	6.6	5.5
REHEAT	อากาศเข้า (°FDB/°FWB)	51 / 50	51 / 50
	อากาศออก (°FDB/°FWB)	60.8 / 54.1	60.8 / 54.1
	ขนาดทำความร้อน (Btu/h)	11,807 (0.98 Ton)	11,807 (0.98 Ton)
	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)	3.5	-
	กำลังไฟฟ้าที่ใช้รวม (kW)	10.1	5.5
	กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (kW)	-	4.6 (46%)

พลังงานที่ประหยัดได้เท่ากับพลังงานที่ลดลงในการทำความเย็นและพลังงานที่ลดลงในการให้ความร้อนกับอากาศ ซึ่งรวมกันได้เท่ากับ 4.6 kW หรือคิดเป็นประมาณ 46% เมื่อเทียบกับระบบเดิม

4. สภาพที่เหมาะสมกับการใช้เทคโนโลยี

เทคโนโลยีการลดความชื้นด้วยฮีทไปป์เหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมหรืออาคารปรับอากาศที่ต้องการควบคุมความชื้นในพื้นที่หรือกระบวนการผลิตให้อยู่ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ 40%-60%RH เพื่อทดแทนระบบควบคุมความชื้นเดิมที่มีการใช้พลังงานสูง โดยสามารถออกแบบติดตั้งฮีทไปป์เข้ากับคอยล์เย็นของเครื่องเติมอากาศ (Fresh Air Unit) หรือเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) ระบบปรับอากาศได้ทันที และยกเลิกการใช้ขดลวดความร้อนในการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศ

ในกรณีออกแบบติดตั้งระบบปรับอากาศใหม่การใช้ระบบฮีทไปป์ในการลดความชื้นก็จะช่วยให้ลดขนาดคอยล์เย็นลงได้เนื่องจาก Cooling Load ที่ลดลง จากการ Precool อากาศด้วยฮีทไปป์



รูปที่ 4.1: แสดงการติดตั้งฮีทไปป์กับคอยล์เย็นของเครื่องเติมอากาศ⁽¹⁾

5. กลุ่มเป้าหมายการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี^{(3) (5) (6)}

กลุ่มของโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ได้แก่

- โรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร
- โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
- โรงงานผลิตอาหาร
- โรงงานผลิตยา
- ห้องเก็บผลิตภัณฑ์
- ห้องควบคุมกระบวนการผลิต (Control Room)
- ห้องเครื่องมือสื่อสาร (Communication Room)
- ห้องผ่าตัดในโรงพยาบาล
- ห้องพักของโรงแรม
- ฯลฯ

6. ราคาของเทคโนโลยี

จากข้อมูลของผู้จำหน่ายในประเทศไทย ราคาเฉลี่ยของอุปกรณ์รวมการติดตั้งของฮีทไปป์ซึ่งติดตั้งกับคอยล์เย็นของเครื่องส่งลมเย็นหรือเครื่องเติมอากาศของระบบปรับอากาศ จะอยู่ที่ประมาณ 15,000 บาทต่อตันความเย็น โดยมีอายุใช้งานประมาณ 20 ปี

7. ระยะเวลาคืนทุนของเทคโนโลยี

จากข้อมูลจากกรณีศึกษาในต่างประเทศ⁽³⁾ และกรณีศึกษาการติดตั้งใช้ระบบลดความชื้นด้วยฮีทปั๊มในประเทศไทย⁽⁴⁾ เทคโนโลยีการลดความชื้นด้วยฮีทปั๊มสามารถให้ผลประโยชน์ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนประมาณไม่เกิน 1 ปี

8. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากฮีทปั๊มเป็นท้อปิดและไม่มีส่วนเคลื่อนที่ มีโอกาสน้อยมากที่จะเกิดการรั่วไหลของสารทำความเย็นออกสู่สิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามผู้ผลิตส่วนใหญ่ในปัจจุบันได้เปลี่ยนมาใช้สารทำความเย็น R-134a ทดแทน R-22 ในการผลิตฮีทปั๊ม เพื่อให้เป็นไปตามพิธีสารมอนทรีออลในการควบคุมปริมาณการใช้สารทำความเย็นที่มีผลต่อการทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ

9. ความแพร่หลายและศักยภาพการขยายผลในประเทศไทย

จากการตรวจสอบกับผู้จำหน่ายและฐานข้อมูลโรงงานอาคารควบคุมของ พพ. ประมาณการว่ามีการนำเทคโนโลยีการลดความชื้นด้วยฮีทปั๊มไปประยุกต์ใช้แล้วกับสถานประกอบการประมาณไม่เกิน 4% ของจำนวนสถานประกอบการที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ได้ (ประมาณ 101 แห่งจาก 2,223 แห่ง)

โดยเมื่อพิจารณากลุ่มเป้าหมายการใช้เทคโนโลยีนี้ในกลุ่มอุตสาหกรรมและอาคารที่มีศักยภาพแล้วพบว่า เทคโนโลยีนี้สามารถขยายผลในสถานประกอบการที่มีการใช้พลังงานรวมกันประมาณ 472 ktoe ตามข้อมูลการใช้พลังงานของประเทศไทยปี 2549⁽⁷⁾ และจากการประมาณการในกรณีที่ 20% ของสถานประกอบการที่มีศักยภาพเหล่านี้ นำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้จะทำให้เกิดผลประโยชน์พลังงานให้กับประเทศได้ปีละประมาณ 756 ล้านบาท

10. ตัวอย่างกรณีศึกษา⁽⁴⁾

กรณีศึกษา:	โรงงานบริษัท กุลธร เฮอร์บี จำกัด (มหาชน)
ประเภทโรงงาน:	ผลิตคอมเพรสเซอร์
การใช้เทคโนโลยี:	ติดตั้งฮีทปั๊มทดแทนเครื่องลดความชื้นเดิมแบบ Desiccant ซึ่งใช้ Steam Coil ในระบบเติมอากาศเข้าสู่ระบบปรับอากาศแบบส่วนกลางในห้องประกอบคอมเพรสเซอร์
เงินลงทุน:	750,000 บาท (เครื่องเติมอากาศใหม่พร้อมฮีทปั๊มขนาด 84,000 Btu/hr)
ผลประหยัดพลังงาน:	ไฟฟ้า 548,424 kWh/ปี
ค่าพลังงานที่ประหยัดได้:	1,371,060 บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายอื่นที่ประหยัดได้:	-
ระยะเวลาคืนทุน:	0.55 ปี

กรณีศึกษา:	โรงงานบริษัท ไทยเพอร์ซิเดนซ์ฟูดส์ จำกัด (มหาชน)
ประเภทโรงงาน:	ผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป
การใช้เทคโนโลยี:	ติดตั้งฮีทไปป์เพื่อลดความชื้นที่คอยล์เย็นของระบบปรับอากาศแบบส่วนกลางห้องผสม เครื่องปรุงบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปใส่ซอง ทดแทนการระบบลดความชื้นเดิม ซึ่งใช้การลด อุณหภูมิของอากาศ และใช้พัดลมให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า
เงินลงทุน:	1,140,000 บาท (เครื่องปรับอากาศใหม่พร้อมฮีทไปป์ 28,500 Btu/hr x 4 ชุด)
ผลประหยัดพลังงาน:	ไฟฟ้า 673,344 kWh/ปี
ค่าพลังงานที่ประหยัดได้:	1,683,360 บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายอื่นที่ประหยัดได้:	-
ระยะเวลาคืนทุน:	0.68 ปี

11. แหล่งข้อมูลอ้างอิง

- (1) Wrap-Around Dehumidifier Heat Pipes, Heat Pipe Technology, Inc.
- (2) เอกสารประกอบการนำเสนอ What are Heat Pipes, Heat Pipe Technology, Inc., Natural Green Innovation.
- (3) Why Heat Pipes? Case Summaries, Heat Pipe Technology, Inc.
- (4) กรณีศึกษา 013 การใช้ฮีทไปป์เพื่อประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547
- (5) เอกสารประกอบการนำเสนอ ระบบปรับอากาศ และ ระบบควบคุมความชื้น สำหรับโรงแรมกับการประหยัดพลังงาน, บริษัท เนเชอรัล กรีน อินโนเวชั่น จำกัด
- (6) เอกสารประกอบการนำเสนอ ระบบปรับอากาศ และระบบควบคุมความชื้น สำหรับห้องผ่าตัดกับการประหยัดพลังงาน, บริษัท เนเชอรัล กรีน อินโนเวชั่น จำกัด
- (7) รายงานพลังงานของประเทศไทยปี 2549, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน