ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์
รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ
อ.ดรุณี มงคลสวัสดิ์
ภาควิชาสถาปัตยกรรม

# การศึกษาประสิทธิภาพการระบายอากาศแบบดาวน์ดราฟต์ในอาคารตึกแถว กรณีศึกษา : ตึกแถวเขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร

**บทคัดย่อ**

รายงานนี้แสดงผลการศึกษาประสิทธิภาพการระบายอากาศแบบดาวน์ดราฟต์ในอาคารตึกแถวที่อยู่ในพื้นที่แออัด โดยเบื้องต้นได้ทำการทดสอบองค์ประกอบอาคารที่ทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่จากชั้นบนลงสู่ชั้นล่างก่อน ได้แก่ ที่ดักลม ปล่องลม และเส้นทางการเคลื่อนที่ของลม จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ และทดสอบตึกแถวที่มีการประยุกต์ใช้ที่ดักลมแบบต่าง ๆ 3 แบบ ได้แก่ แบบปล่องลมเข้าเดี่ยว 2 ชุด แบบปล่องลมเข้าเดี่ยวผสมกับแบบปล่องรวม และแบบใช้หลังคาดักลม ขนาดตึกแถวที่ทดสอบมีขนาดกว้าง 6 เมตร ลึก 12 เมตร สูง 3 ชั้นครึ่ง ทำการทดสอบแบบ 2 มิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณของไหล (ANSYS5.4 : Computational Fluid Dynamics - CFD) และแบบ 3 มิติ โดยหุ่นจำลองในอุโมงค์ลม ผลการทดสอบพบว่า เมื่อให้ความเร็วลมเริ่มต้นในพื้นที่มีค่าเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลมเฉลี่ยภายในตึกแถวทั้ง 3 กรณี จะมีค่าเป็น 32, 27 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนตึกแถวที่ไม่ได้มีการใช้เทคนิคดังกล่าว วัดความเร็วลมเฉลี่ยภายในได้เป็น 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำผลที่ได้มาคำนวณเป็นความเร็วลม สำหรับเขตกรุงเทพมหานครซึ่งมีความเร็วลมภายนอกเฉลี่ยตลอดปี 1.1 เมตร/วินาที จะได้ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารประมาณ 0.4 เมตร/วินาที ซึ่งค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตาม เมื่อได้นำผลไปเปรียบเทียบกับจังหวัดภูเก็ต ซึ่งมีความเร็วลมภายนอกเฉลี่ยตลอดปี 2.2 เมตร/วินาที ทำให้ได้ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารเป็น 0.7 เมตร/วินาที

**Abstract**

This paper presents the results of a study of the effectiveness of applying downdraught ventilation in row houses in high density urban area. Previously, three of building components consisting of wind catcher, wind tower and flow path, which are all important elements in order to create downdraught effect, were investigated. Following the results of the previous analysis, three different types of row house design which were integrated with downdraught ventilation, i.e. type 1 - two single inlets, type 2 - one single inlet and one dual inlet, and type 3 - roof as a wind catcher, were proposed and experimented. The typical row house used in these experiments is 6 m. wide, 12 m. long and has $3\frac{1}{2}$ storeys. All case studies were investigated by 2 dimensional models on computer simulation (ANSYS5.4 : Computational Fluid Dynamics - CFD) and 3 dimensional models in wind tunnel. The final results showed that average wind speeds measured in row house models are 32, 27 and 30% of the original wind speed, orderly. On the other hand, for the row house without downdraught technique, the average wind speed is only 25%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

As a result, while the original wind speed of Bangkok is 1.1 m/s, the calculated average wind speed in a row house is 0.4 m/s which is rather low. However, compared with Phuket province where higher wind speed is available, while its original wind speed is 2.2 m/s, the calculated average wind speed in a row house is 0.7 m/s which is high enough to be effective.

## 1. บทนำ

อาคารพาณิชย์กึ่งพักอาศัยหรือตึกแถวที่อยู่ในพื้นที่หนาแน่นของเมือง มักมีปัญหาเรื่องการระบายอากาศ เนื่องจากไม่สามารถเปิดช่องเปิดรับอากาศบริสุทธิ์ได้เต็มที่ อันเนื่องมาจากมลภาวะทางเสียง ฝุ่นควัน หรือแม้แต่ตัวอาคารโดยรอบเองที่เป็นอุปสรรคในการพัดพาของลม ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เสนอเทคนิคการระบายอากาศแบบดาวน์ดราฟต์ เพื่อเป็นทางเลือกในการแก้ปัญหาการระบายอากาศภายในตึกแถวดังกล่าว

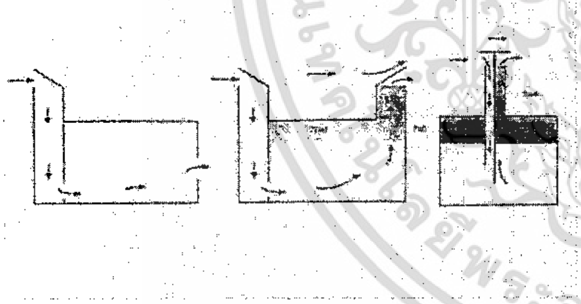
## 2. วิธีการระบายอากาศแบบดาวน์ดราฟต์

### 2.1 การระบายอากาศแบบดาวน์ดราฟต์

การระบายอากาศแบบดาวน์ดราฟต์ หมายถึง การเคลื่อนที่ของอากาศจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง อันเนื่องมาจากความแตกต่างของความกดดันอากาศ การสร้างความแตกต่างของความกดดันอากาศดังกล่าวจะต้องอาศัยที่ดักลมและปล่องลมเป็นองค์ประกอบสำคัญ สำหรับอาคารตึกแถวมีข้อได้เปรียบคือ การจัดพื้นที่ใช้สอยในแนวตั้งทำให้ตึกแถวมีความสูงพอเหมาะที่จะเกิดการระบายอากาศ โดยมีปล่องบันไดที่เชื่อมห้องในชั้นต่าง ๆ จากชั้นล่างไปจนถึงชั้นหลังคา จึงทำให้สามารถใช้ที่ดักลมเพื่อรับลมที่มีความเร็วสูงเหนือระดับหลังคาในยามที่มีลมได้ [1] ประสิทธิภาพในการระบายอากาศจะขึ้นอยู่กับรายละเอียดและลักษณะของที่ดักลม ปล่องลม และเส้นทางการเคลื่อนที่ของลมเป็นหลัก

### 2.2 ที่ดักลม และปล่องลม

การใช้ที่ดักลมและปล่องลมร่วมกัน จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศเป็นระบบ กล่าวคือ เมื่อมีลมพัดผ่านอาคาร ที่ดักลมจะดักอากาศเย็นเข้ามาภายใน แล้วเคลื่อนที่ผ่านปล่องลมซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของลม ที่ปล่องลมนี้จะมีช่องเปิดเพื่อจ่ายอากาศบริสุทธิ์เข้าสู่พื้นที่ใช้งาน จากนั้นอากาศจะเคลื่อนที่ออกทางช่องลมออกต่อไป ที่ดักลมและปล่องลมนี้แบ่งได้เป็น 3 แบบหลักดังรูปที่ 1 [2]



*รูปที่ 1 รูปแบบหลักของที่ดักลมและปล่องลม*

### 2.3 ประสิทธิภาพในการระบายอากาศแบบดาวน์ดราฟต์

ตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ ได้แก่ ขนาดปล่องลม รูปแบบของช่องลมเข้า - ลมออก วัสดุก่อสร้างของปล่องลม พื้นที่ปล่องลมที่ได้รับแสงแดด ความสูงของห้อง และอุปกรณ์ช่วยอื่น ๆ อัตราการเคลื่อนที่ของอากาศจะขึ้นอยู่กับขนาดช่องลมเข้าและขนาดของปล่องเป็นหลัก ความต้านทานการเคลื่อนที่ของอากาศจะเกิดจากรูปร่างของเส้นทางเดินอากาศและอุณหภูมิที่ต้านทาน (หรือส่งเสริม) การเคลื่อนที่ของอากาศ เช่น กรณีที่เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศแบบ stack effect นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงความปลอดภัย การกรองอากาศ และการป้องกันเสียงรบกวน ที่จำเป็นในการใช้งานจริง และเป็นข้อจำกัดในการระบายอากาศด้วย [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3. วิธีการทดลอง

### 3.1 ทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

สร้างแบบจำลองรูปตัดหน่วยทดลอง 2 มิติ ในคอมพิวเตอร์ ของแบบตึกแถวทางเลือกทั้ง 3 แบบ ทดลองด้วยโปรแกรมคำนวณของไหล ANSYS 5.4 (Computational Fluid Dynamics : CFD) กำหนดความเร็วลมในการทดลอง 2 เมตร/วินาที และให้ลมพัดตั้งฉากกับช่องเปิด

### 3.2 ทดลองด้วยหุ่นจำลองในอุโมงค์ลม

ขั้นแรกทำการทดลองเพื่อวัดปริมาณลมในพื้นที่กรณีศึกษาก่อน โดยจัดทำหุ่นจำลอง 3 มิติ บริเวณที่ตั้งในรัศมี 100 เมตร มาตราส่วน 1:100 ซึ่งเป็นมาตราส่วนแนะนำ [4] วัดความเร็วลม ณ ที่ตั้งที่ระดับความสูงทุก ๆ 10 เมตร

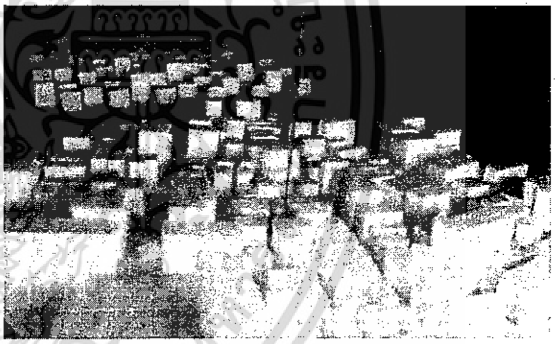
ขั้นที่สองทำการทดลองเพื่อศึกษาความเร็วลมในแบบตึกแถวทางเลือกทั้ง 3 แบบ โดยจัดทำหุ่นจำลอง 3 มิติ ของแบบตึกแถวดังกล่าว มาตราส่วน 1:20 จะได้พื้นที่หน้าตัดหุ่นจำลองไม่เกิน 10% ของพื้นที่หน้าตัดอุโมงค์ลม [4] วัดความเร็วลมทุกพื้นที่ 1 ตร.ม. ที่ระดับ 0.5, 1.0 และ 1.5 เมตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นระดับที่มีการใช้งาน

อุโมงค์ลมที่ใช้ทดสอบมีขนาด กว้าง 2.05 เมตร สูง 1.15 เมตร ลึก 9.40 เมตร วัดความเร็วลมด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิและความเร็วลมแบบ Hot wire (Airflow Meter KM4003 บริษัท Kane-May, UK) หน่วยเป็น เมตร/วินาที ตั้งความเร็วลมเริ่มต้นในอุโมงค์ลมเป็น 2.0 เมตร/วินาที วัดจริงได้ 1.7 เมตร/วินาที แล้วนำผลที่ได้ไปแปลงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์

## 4. ผลการทดลอง

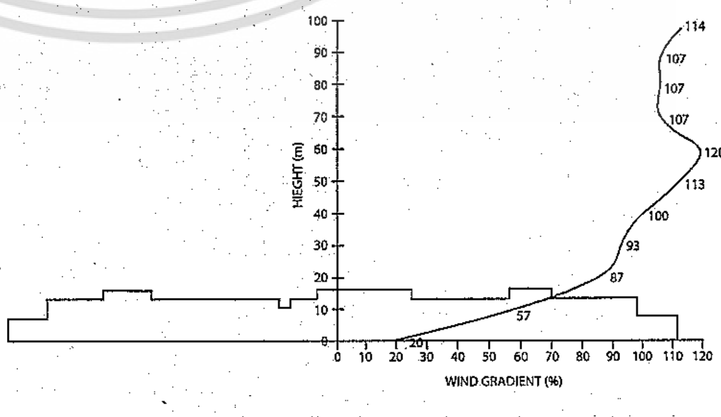
### 4.1 ความเร็วลมในพื้นที่กรณีศึกษา

การวัดความเร็วลม ณ ที่ตั้ง (เขตห้วยขวาง) ที่ความสูงทุก 10 เมตร แสดงให้เห็นว่าสภาพแวดล้อม ความหนาแน่นและความสูงของกลุ่มอาคารมีผลต่อความเร็วลมโดยรอบ



*รูปที่ 2 แสดงการวัดความเร็วลม ณ ที่ตั้ง*

ความเร็วลมบริเวณใกล้พื้นดินจะค่อนข้างต่ำ ต่อเมื่อพ้นระดับความสูงของกลุ่มอาคารโดยรอบไปแล้ว ลมจึงมีความเร็วสูงขึ้น จากรูปที่ 3 ความเร็วลมที่ระดับพื้นดินวัดได้เป็น 20% ที่ระดับความสูง 10 เมตร เป็น 57% และที่ระดับความสูง 20 เมตร (พ้นระดับหลังคาไปแล้ว) ความเร็วลมเป็น 87%




*รูปที่ 3 แผนภาพแสดงความเร็วลมที่วัดได้ (%) ณ ระดับความสูงทุก 10 เมตร จากหุ่นจำลองบริเวณเขตห้วยขวาง*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2 ผลการทดลองแบบตึกแถวทางเลือก

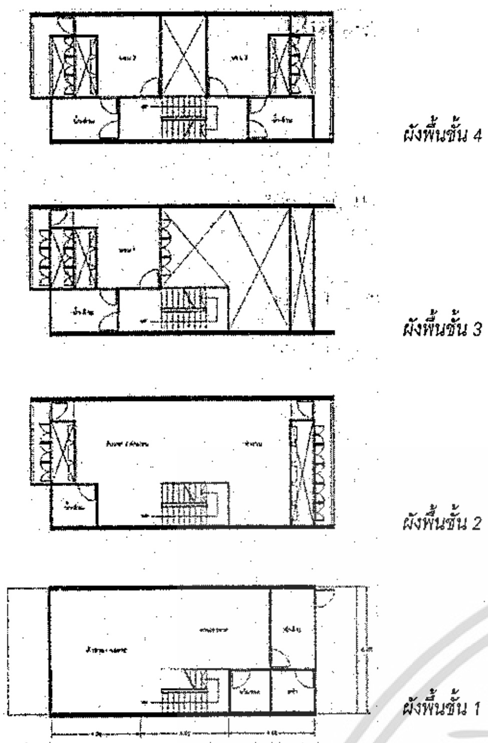
**ตึกแถวแบบทางเลือกที่ 1**

กรณีที่ 1 : เปิดช่องเปิดภายในปล่องทุกชั้น

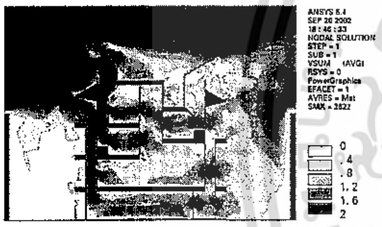
กรณีที่ 2 : เปิดช่องเปิดภายในปล่องเฉพาะชั้นที่ 2 และ 4

กรณีที่ 3 : เปิดช่องเปิดภายในปล่องเฉพาะชั้นที่ 1 และ 3

ผลการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์แสดงให้เห็นว่า แบบทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1 เปิดช่องเปิดภายในปล่องทุกชั้น สามารถดักลมเข้าสู่ตัวอาคารได้ บริเวณปล่องจะเป็นส่วนรีดลม ทำให้ลมที่เข้ามามีความเร็วสูงมากเกิน 100% แล้วจ่ายเข้าอาคารแต่ละชั้น โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 40-50% ของความเร็วลมเริ่มต้น การทดลองสำหรับกรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 ที่มีการแยกเปิดช่องเปิดภายในปล่องทีละชั้น โดยใช้บานเปิดแบบผลักออก เพื่อให้มีลักษณะเป็นที่ดักลมภายในอีกชั้นหนึ่ง แสดงให้เห็นว่าปริมาณลมที่เข้ามาในแต่ละชั้นมีมากขึ้น ความเร็วลมสูงขึ้น โดยเฉพาะในชั้นที่ 2 ที่จากเดิมมีความเร็วลมประมาณ 30-40% ก็เพิ่มขึ้นเป็น 50-60% เนื่องจากปริมาณลมทั้งหมดที่ดักได้ ถูกจ่ายเข้ามาในชั้นอาคารที่เปิดช่องเปิดไว้เต็มที่




*รูปที่ 4 ผังพื้นอาคารตึกแถวแบบทางเลือกที่ 1*



*รูปที่ 5 ผลการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์ แสดงความเร็วลมภายในอาคาร ตึกแถวทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 1*

*รูปที่ 6 ผลการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์ แสดงความเร็วลมภายในอาคาร ตึกแถวทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 2*

*รูปที่ 7 ผลการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์ แสดงความเร็วลมภายในอาคาร ตึกแถวทางเลือกที่ 1 กรณีที่ 3*

ผลการทดลองด้วยหุ่นจำลอง กรณีที่ 1 เมื่อเปิดช่องเปิดภายในปล่องทุกชั้น

ชั้นที่ 1 มีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำที่สุดประมาณ 10-20%

ชั้นที่ 2 มีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 20%

ชั้นที่ 3 มีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 30-40%

และชั้นที่ 4 มีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 40-50%

ความเร็วลมภายในอาคารจะมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามความสูงอาคาร เนื่องจากมีระยะปล่องที่สั้นกว่า และที่ดักลมชั้นบนดักลมได้มากกว่า สำหรับการทดลองในกรณีที่ 2 และ 3 เมื่อเปิดช่องเปิดภายในปล่องแบบแยกชั้น จะได้ค่าความเร็วลมสูงกว่ากรณีที่ 1 ประมาณ 10%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

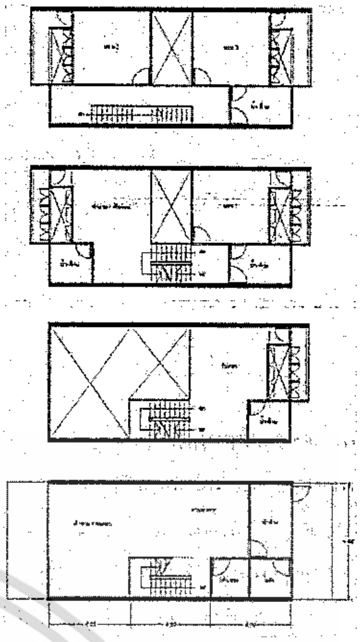
**ตึกแถวแบบทางเลือกที่ 2**

กรณีที่ 1 : เปิดช่องเปิดภายในปล่องทุกชั้น

กรณีที่ 2 : เปิดช่องเปิดภายในปล่องเฉพาะชั้นที่ 2

กรณีที่ 3 : เปิดช่องเปิดภายในปล่องเฉพาะชั้นที่ 1

ผลการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์แสดงให้เห็นว่า แบบทางเลือกที่ 2 กรณีที่ 1 ชั้น 4 จะได้รับลมปริมาณมากและมีความเร็วสูง โดยเฉพาะห้องส่วนหน้าที่มีความเร็วลมสูงเกิน 100% ของความเร็วเริ่มต้น ส่วนใน 3 ชั้นล่างความเร็วลมจะต่ำกว่า โดยเฉพาะส่วนห้องด้านหลัง ความเร็วลมจะต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด ความเร็วลมภายในทั้งอาคารยกเว้นชั้น 4 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0-40% สำหรับกรณีที่ 2 และ 3 ที่มีการแยกเปิดช่องเปิดภายในปล่องทีละชั้น สำหรับ 3 ชั้นล่าง พบว่า ความเร็วลมในส่วนห้องด้านหน้าจะสูงขึ้นอีกประมาณ 10-20% แต่ความเร็วลมในส่วนห้องด้านหลังกลับลดลง ซึ่งสรุปได้ว่า เป็นเพราะการแยกเปิดช่องเปิดภายในทีละชั้นทำให้พื้นที่รวมของช่องเปิดลมเข้ามีขนาดเล็กลง ในขณะที่พื้นที่รวมของช่องเปิดลมออกมีขนาดเท่าเดิม ความเร็วที่ผ่านเข้ามาจึงสูงขึ้น



ผังพื้นชั้น 4

ผังพื้นชั้น 3

ผังพื้นชั้น 2

ผังพื้นชั้น 1

*รูปที่ 8 ผังพื้นอาคารตึกแถวแบบทางเลือกที่ 2*

*รูปที่ 9 ผลการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์ แสดงความเร็วลมภายในอาคารตึกแถวแบบทางเลือกที่ 2 กรณีที่ 1*

*รูปที่ 10 ผลการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์ แสดงความเร็วลมภายในอาคาร ตึกแถวแบบทางเลือกที่ 2 กรณีที่ 2*

*รูปที่ 11 ผลการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์ แสดงความเร็วลมภายในอาคาร ตึกแถวแบบทางเลือกที่ 2 กรณีที่ 3*

ผลการทดลองด้วยหุ่นจำลองในอุโมงค์ลม กรณีที่ 1 เมื่อเปิดช่องเปิดภายในปล่องทุกชั้น

ชั้นที่ 1 มีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 20%

ชั้นที่ 2 มีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 10-20%

ชั้นที่ 3 มีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 20%

และชั้นที่ 4 มีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 40-50%

สำหรับการทดลองในกรณีที่ 2 เมื่อเปิดช่องเปิดภายในปล่องเฉพาะชั้นที่ 2 จะทำให้ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในส่วนด้านหน้าอาคารสูงขึ้นพอสมควร ส่วนด้านหลังมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย สำหรับกรณีที่ 3 เมื่อเปิดช่องเปิดภายในปล่องเฉพาะชั้นที่ 1 ค่าความเร็วลมเฉลี่ยในชั้นที่ 1 จะสูงขึ้น แต่บริเวณชั้นลอย ค่าความเร็วลมเฉลี่ยจะต่ำลง

**ตึกแถวแบบทางเลือกที่ 3**

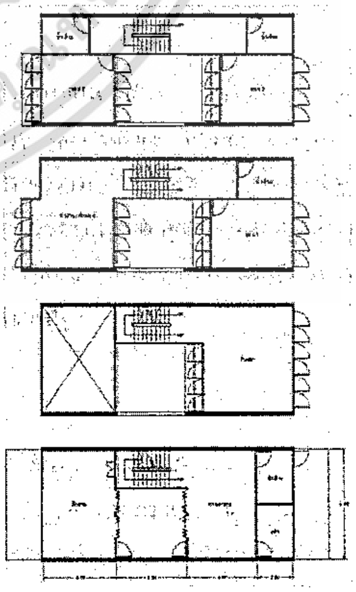
กรณีที่ 1 : เปิดช่องเปิดทุกชั้น

กรณีที่ 2 : เปิดช่องเปิดเฉพาะชั้นที่ 1 และ 2

กรณีที่ 3 : เปิดช่องเปิดเฉพาะชั้นที่ 3 และ 4

กรณีที่ 4 : เปิดช่องเปิดเฉพาะอาคารด้านหลัง

กรณีที่ 5 : เปิดช่องเปิดเฉพาะอาคารด้านหน้า



ผังพื้นชั้น 4

ผังพื้นชั้น 3

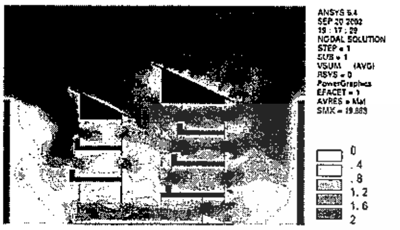
ผังพื้นชั้น 2

ผังพื้นชั้น 1

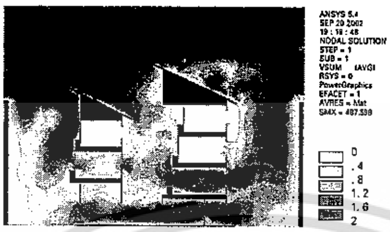
*รูปที่ 12 ผังพื้นอาคารตึกแถวแบบทางเลือกที่ 3*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

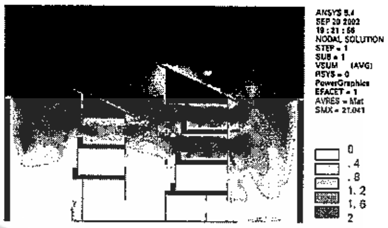
ผลการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์แสดงให้เห็นว่า ตึกแถวแบบที่ 3 กรณีที่ 1 เปิดช่องเปิดทุกชั้น สามารถดักลมเข้าสู่ตัวอาคารได้ดีกว่าการทำหลังคาแบน การเปิดพื้นที่โล่งตรงกลาง ทำให้เพิ่มพื้นที่ช่องเปิดลมเข้าได้มากขึ้น ส่วนอาคารด้านหลังจะได้รับลมมากกว่าด้านหน้า เนื่องจากความสูงของหลังคาที่ดักลมได้มากกว่า ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารด้านหน้าเป็น 30-40% ความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารด้านหลังเป็น 50-60% สำหรับกรณีที่ 2 และ 3 พบว่า ความเร็วลมภายในอาคารสูงขึ้นมาก โดยเฉพาะอาคารด้านหลัง เพราะปริมาณลมที่ดักได้ถูกแบ่งจ่ายให้อาคารเพียง 2 ชั้น



*รูปที่ 13 ผลการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์แสดงความเร็วลมภายในอาคารตึกแถวแบบทางเลือกที่ 3 กรณีที่ 1*

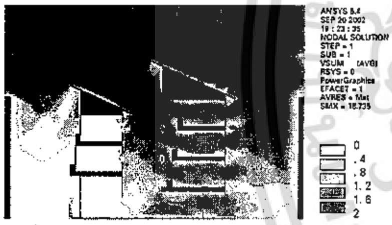


*รูปที่ 14 ผลการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์แสดงความเร็วลมภายในอาคารตึกแถวแบบทางเลือกที่ 3 กรณีที่ 2*

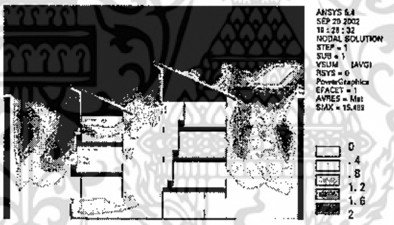


*รูปที่ 15 ผลการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์แสดงความเร็วลมภายในอาคารตึกแถวแบบทางเลือกที่ 3 กรณีที่ 3*

สำหรับกรณีที่ 4 เปิดช่องเปิดเฉพาะอาคารด้านหลัง พบว่าความเร็วลมภายในสูงขึ้นกว่ากรณีเปิดช่องเปิดทุกชั้น อีกประมาณ 10% โดยชั้นบนจะมีความเร็วลมสูงกว่าชั้นล่างเล็กน้อย ส่วนกรณีที่ 5 เปิดช่องเปิดเฉพาะอาคารด้านหน้า พบว่าปริมาณลมในอาคารด้านหน้ากลับต่ำลงมาก เหลือเพียง 0-20% เท่านั้น



*รูปที่ 16 ผลการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์แสดงความเร็วลมภายในอาคารตึกแถวแบบทางเลือกที่ 3 กรณีที่ 4*



*รูปที่ 17 ผลการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์แสดงความเร็วลมภายในอาคารตึกแถวแบบทางเลือกที่ 3 กรณีที่ 5*

ส่วนผลการทดลองด้วยหุ่นจำลองในอุโมงค์ลม กรณีที่ 1 เมื่อเปิดช่องเปิดภายในปล่องทุกชั้น
ชั้นที่ 1 มีความเร็วลมเฉลี่ย ประมาณ 30%
ชั้นที่ 2 มีความเร็วลมเฉลี่ย ประมาณ 20-30%
ชั้นที่ 3 มีความเร็วลมเฉลี่ย ประมาณ 30-40%
และชั้นที่ 4 มีความเร็วลมเฉลี่ย ประมาณ 40-50%

สำหรับการทดลองในกรณีที่ 2 เมื่อเปิดช่องเปิดภายในปล่องเฉพาะชั้นที่ 1 และ 2 ค่าที่ได้ไม่แตกต่างจากกรณีที่ 1 มากนัก สำหรับในกรณีที่ 3 เมื่อเปิดช่องเปิดเฉพาะชั้นที่ 3 และ 4 ค่าความเร็วลมเฉลี่ยในอาคารด้านหน้ากลับต่ำลงเล็กน้อย ในขณะที่ความเร็วลมเฉลี่ยในอาคารด้านหลังสูงขึ้นเล็กน้อย ส่วนกรณีที่ 4 และ 5 ผลการทดลองปรากฏว่า เมื่อปิดช่องเปิดอาคารทั้งหมด ไม่ว่าด้านหน้าหรือด้านหลัง ความเร็วลมภายในอาคารจะลดลง สำหรับกรณีที่ 4 ความเร็วลมเฉลี่ยลดลงไม่มากนัก แต่สำหรับกรณีที่ 5 ความเร็วลมลดลงมากเมื่อเทียบกับการเปิดช่องเปิดทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. สรุปผลการทดลอง

จากตาราง แบบทางเลือกที่ 1 มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารสูงที่สุด และมีความสม่ำเสมอของปริมาณลมมากกว่าแบบอื่น เนื่องจากมีความสมดุลในการจ่ายลมมากกว่า อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาในแง่ของการใช้พื้นที่ใช้สอยภายใน แบบที่ 1 จะเสียพื้นที่สำหรับปล่องมากที่สุด ในการทดลองแบบทางเลือกทั้งสาม กรณีแยกชั้นช่องเปิด เห็นได้ชัดว่าสามารถช่วยให้ความเร็วลมภายในสูงขึ้น ซึ่งในการใช้งานจริงผู้ใช้อาคารควรพิจารณาการเปิด-ปิดหน้าต่างในชั้นต่าง ๆ ตามเวลาการใช้งาน สำหรับการจัดพื้นที่ใช้สอยภายในของแบบทางเลือกทั้ง 3 แบบ เป็นแบบวางชั้นเหลื่อมกัน นอกจากจะช่วยให้เกิดการกระจายลมภายในแต่ละชั้นแล้ว ยังเป็นการแบ่งพื้นที่ใช้สอยด้วยการใช้ระดับพื้นที่ต่างกัน หลีกเลี่ยงการกั้นผนังภายในให้น้อยที่สุด

เมื่อนำค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารแบบทางเลือกที่ 1 เท่ากับ 32% จากตารางที่ 1 มาคำนวณหาค่าความเร็วลมจริงในกรุงเทพมหานคร จะได้เป็น 0.4 เมตร/วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วลมในภูเก็ต จะได้เป็น 0.7 เมตร/วินาที ซึ่งเป็นความเร็วลมที่มนุษย์สัมผัสได้ จากผลการทดลองทั้งหมด สามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อการระบายอากาศแบบดาวน์ดราฟต์ได้ดังนี้

| แบบที่ | กรณีศึกษา | ความเร็วลมเฉลี่ย (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ชั้น 1 | ชั้น 2 | ชั้น 3 | ชั้น 4 | เฉลี่ย | |
| 1 | กรณีที่ 1 | 23 | 18 | 47 | 36 | 31 | |
| | กรณีที่ 2 | - | 27 | - | 45 | 36 | 32 |
| | กรณีที่ 3 | 12 | 20 | 55 | 27 | 29 | |
| 2 | กรณีที่ 1 | 23 | 15 | 19 | 47 | 26 | |
| | กรณีที่ 2 | - | 21 | 25 | - | 23 | 27 |
| | กรณีที่ 3 | 24 | 13 | - | - | 19 | |
| 3 | กรณีที่ 1 | 24 | 26 | 36 | 26 | 28 | |
| | กรณีที่ 2 | 33 | 29 | 38 | - | 33 | 30 |
| | กรณีที่ 3 | - | - | 35 | 27 | 31 | |
| | กรณีที่ 4 | 12 | 26 | 31 | 25 | 31 | |
| | กรณีที่ 5 | 18 | - | 26 | 30 | 25 | |

*ตารางที่ 1 แสดงผลเปรียบเทียบความเร็วลมภายในตึกแถว แบบทางเลือกที่ 1, 2 และ 3*

### 5.1 สภาพแวดล้อมและปริมาณลม ณ ที่ตั้ง

เทคนิคการระบายอากาศแบบดาวน์ดราฟต์ เป็นเทคนิคการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ ปัจจัยที่สำคัญที่สุดอันดับแรกที่ต้องพิจารณา คือ ปริมาณลมในพื้นที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศเป็นสำคัญ ส่วนในพื้นที่ตั้งอาคาร ก็ควรพิจารณาสภาพแวดล้อมรอบ ๆ อาคารเป็นหลัก รวมถึงความจำเป็นในการนำเทคนิคนี้ไปใช้

### 5.2 การวางผังอาคาร

ในกรณีที่มีการใช้ที่ดักลมในอาคารหลายหลังในพื้นที่เดียวกัน จำเป็นต้องอาศัยการวางผังอาคารที่มีที่ดักลมให้สัมพันธ์กับทิศทางลมโดยไม่บังลมกันเอง เพื่อให้สามารถดักลมได้อย่างทั่วถึง นอกจากนี้ กระบวนการนำลมเข้ามาจากที่ดักลมสู่ภายในตัวอาคารต้องคำนึงถึงการจัดพื้นที่ใช้สอยภายในให้สัมพันธ์กันด้วย

### 5.3 สัดส่วนอาคาร

การกำหนดอัตราส่วนความกว้าง : ความลึกของอาคาร มีผลมากต่อประสิทธิภาพของการระบายอากาศ เพราะความเร็วของกระแสลมที่เข้ามาภายในอาคารจะอ่อนแรงลงตามระยะทางที่เคลื่อนที่ นอกจากนี้สำหรับการเคลื่อนที่แบบดาวน์ดราฟต์ ควรกำหนดความสูงของที่ดักลมให้สามารถดักลมในที่สูงได้ ในขณะเดียวกันความสูงของอาคารก็ไม่ควรมากเกินไป เพราะจะทำให้ชั้นล่าง ๆ มีความเร็วลมอ่อนมาก หากอาคารมีความสูงหรือความลึกมาก ควรพิจารณาใช้ที่ดักลมมากกว่า 1 ตัวขึ้นไป อัตราส่วนอาคารตึกแถวที่เหมาะสมสำหรับการระบายอากาศและการจัดพื้นที่ใช้สอย คือ ความกว้าง : ความลึก เป็น 1:2 หรือ 1:3 ยิ่งอาคารมีความลึกมาก ความเร็วลมเฉลี่ยภายในก็ยิ่งอ่อนลง ทั้งนี้ หากอาคารมีความลึกมาก ควรมีพื้นที่เปิดโล่งตรงกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.4 องค์ประกอบของที่ดักลมและการกระจายลมภายใน

การใช้เทคนิคการระบายอากาศแบบดาวน์ดราฟต์ ต้องอาศัยองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

- ที่ดักลม ควรมีรูปร่างลักษณะที่สามารถดักลมได้มากและหลายทิศทางในกรณีที่มีทิศทางลมไม่แน่นอน และควรมีรูปแบบทางสถาปัตยกรรมที่สัมพันธ์กับตัวอาคารด้วย
- ปล่องลม ขนาดปล่องลมและขนาดช่องจ่ายลมภายในต้องมีความสัมพันธ์กับความสูงของชั้นอาคารด้วย ถึงแม้ว่าตามทฤษฎีเรื่องความเร็วลมที่สัมพันธ์กับความกดดันอากาศจะแสดงว่า ขนาดปล่องลมและขนาดช่องเปิดภายในควรมีขนาดเล็กลงจากชั้นบนลงล่าง เพื่อให้ปริมาณและความเร็วลมที่เข้าสู่ตัวอาคารสมดุลกัน [5] แต่จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเปิดช่องเปิดเล็กในชั้นล่างจะทำให้ปริมาณลมในชั้นล่างน้อยลงไปด้วย ดังนั้น ผู้วิจัยเห็นว่าการให้ช่องเปิดภายในมีขนาดเท่ากัน จะมีความเหมาะสมมากกว่า รวมถึงในแง่ของการใช้งานจริงด้วย
- การสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่ของลม ยิ่งลักษณะเส้นทางตั้งแต่ช่องเปิดลมเข้า ปล่องลมภายในอาคารไปจนถึงช่องเปิดลมออก มีความเรียบง่ายมากเท่าไหร่ ความเร็วลมที่ลดลงก็จะน้อยลงตามไปด้วย

### 5.5 การจัดพื้นที่ใช้สอยภายในและองค์ประกอบอาคาร

การจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารพักอาศัย ตามหลักการระบายอากาศ [6] ควรแบ่งประเภทพื้นที่ออกเป็น

- พื้นที่ที่ต้องการอากาศบริสุทธิ์ ได้แก่ ห้องนอน ห้องทำงาน ห้องนั่งเล่น ห้องรับแขก ห้องทานอาหาร เป็นต้น
- พื้นที่ที่ต้องการถ่ายเทอากาศเสีย ได้แก่ ห้องครัว ห้องเก็บของ ห้องน้ำ และที่จอดรถ เป็นต้น ดังนั้น การจัดพื้นที่ใช้สอยจะต้องมีการจัดกลุ่ม และให้สัมพันธ์กับการเปิดช่องเปิดลมเข้าออกด้วย

### 5.6 การควบคุมการใช้งาน

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า กรณีที่มีการเปิดช่องเปิดทุกชั้นพร้อมกัน จะทำให้ปริมาณลมที่ดักได้ ถูกแบ่งออกเป็นหลายส่วน ความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละชั้นก็จะน้อยตามไปด้วย เมื่อพิจารณาการใช้งานจริงในตึกแถวส่วนใหญ่มีการใช้งานเป็นเวลา มิได้ใช้พื้นที่ทุกชั้นพร้อมกันหมด ดังนั้นการเลือกเปิดช่องเปิด ตามเวลาและพื้นที่ใช้งาน จะช่วยลดปริมาตรห้องที่ถูกแบ่งลมออกไปได้ เป็นผลให้ความเร็วลมภายในชั้นที่เปิดช่องเปิดสูงขึ้น

## 6. ปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการนำเทคนิคการระบายอากาศแบบดาวน์ดราฟต์มาประยุกต์ใช้กับอาคารตึกแถว ยังมีข้อจำกัด ปัญหาในการใช้งานจริง และประสิทธิผลด้านคุณภาพอากาศที่นำเข้ามา ที่งานวิจัยนี้ไม่สามารถครอบคลุมเนื้อหาดังกล่าวได้ จึงขอยกมาเป็นข้อเสนอแนะ สำหรับผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป

### 6.1 รูปแบบที่ดักลม

รูปแบบที่ดักลมที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดในงานวิจัยนี้ เป็นที่ดักลมรูปแบบพื้นฐานทั่วไปซึ่งยังสามารถนำไปพัฒนาต่อได้ ปัญหาหลักของที่ดักลมที่นำมาทดลอง คือ ความยืดหยุ่นในการใช้งาน เนื่องจากธรรมชาติของลมที่ไม่ได้พัดมาจากทิศทางเดียวตลอดเวลาการออกแบบที่ดักลมแบบติดตายย่อมเป็นข้อจำกัดในการรับลม ดังนั้นหากสามารถพัฒนาที่ดักลมให้สามารถปรับทิศทางได้ตามทิศทางลมที่เปลี่ยนไป จะช่วยให้ดักลมได้เต็มประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ จากผลการทดลองพบว่าความเร็วลมที่วัดได้ในอาคารยังค่อนข้างต่ำอยู่ ยิ่งปริมาณลมในพื้นที่ต่ำก็ยิ่งทำให้ความเร็วลมภายในต่ำไปด้วย สำหรับกรณีนี้ การเพิ่มความเร็วลมภายในอาจทำได้โดยการลดขนาดปล่องลมลง ในขณะที่ให้ขนาดช่องเปิดลมเข้าและช่องเปิดลมออกมีขนาดใหญ่เท่ากัน ปล่องลมที่เล็กลงจะช่วยรีดอากาศให้มีความเร็วสูงขึ้น อัตราส่วนระหว่างขนาดช่องลมเข้า : ปล่องลม : ขนาดช่องจ่ายลมภายในที่เหมาะสม ควรได้มีการศึกษาต่อไป

### 6.2 ประสิทธิภาพของลม

เนื่องจากเนื้อหาในงานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการนำอากาศใหม่เข้ามาผลัดเปลี่ยนภายในอาคาร ซึ่งเป็นการลดปริมาณสิ่งเจือปนในอากาศเพื่อสร้างสุขลักษณะที่ดีในการอยู่อาศัยเป็นหลัก [7] จึงมิได้ครอบคลุมถึงการสร้างความสบายให้กับผู้อยู่อาศัย เนื่องจากเรื่องความสบายนั้นยังมีตัวแปรอื่นที่ต้องพิจารณาร่วมด้วย

นอกจากนี้ จากผลการวิจัยที่ปรากฏว่าในบางกรณีหรือบางช่วงเวลา ปริมาณและความแรงลมที่ดักได้อาจไม่เพียงพอต่อความต้องการ ผู้ใช้งานอาจพิจารณาใช้วิธีการระบายอากาศแบบกลร่วมด้วย เช่น การใช้พัดลมดูดอากาศ ในกรณีนี้ ปริมาตรอากาศที่ระบายได้ จะเท่ากับอัตราการดูดของพัดลม

### 6.3 พื้นที่ใช้สอยภายในที่ลดลง

เนื่องจากการระบายอากาศแบบดาวน์ดราฟต์ ต้องอาศัยองค์ประกอบในการเคลื่อนที่ของอากาศ คือ ปล่องเป็นหลัก ลักษณะปล่องนี้จะต้องไม่มีสิ่งกีดขวางการเคลื่อนที่ของอากาศ กล่าวคือ มีลักษณะเหมือนช่องท่อตลอดความสูงของอาคาร ยิ่งอาคารมีความสูงมาก ยิ่งต้องเสียพื้นที่ในการทำปล่องมากขึ้น จนอาจไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ซึ่งสถาปนิกเองจะต้องใช้การออกแบบแก้ปัญหาดังกล่าว

### 6.4 การดูแลรักษาและปัจจัยอื่น ๆ

การประยุกต์ใช้ที่ดักลมในการใช้งานจริง ยังมีรายละเอียดย่อยที่สำคัญที่ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงอีก เช่น ความปลอดภัย เนื่องจากที่ดักลมมีลักษณะเป็นช่องเปิดอยู่บนหลังคา จึงควรมีการป้องกันเรื่องความปลอดภัยไม่ให้ขโมยสามารถใช้เป็นช่องทางในการก่ออาชญากรรมได้ นอกจากนี้ การออกแบบที่ดักลม ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงการกันแดด ฝน นก แมลง ที่ตามมาด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

[1] Givoni, B. 1988. **Climate Considerations in Building and Urban Design.** New York : Van Nostrand Reinhold.

[2] Riain, C.N. and Kolokatroni, M. 2000. **The Effectiveness of Ventilation Stacks in Enhancing Natural Ventilation in Non-domestic Buildings. Architecture City Environment : Proceedings of PLEA.** 2:77-82.

[3] Riain, C.N. and Kolokatroni, M. 2000. **The Effectiveness of Ventilation Stacks in Enhancing Natural Ventilation in Non-domestic Buildings. Architecture City Environment : Proceedings of PLEA.** 2:77-82.

[4] Barlow, J.B. et.al. 1999. **Low-speed Wind Tunnel Testing. 3rd ed.** New York : John Wiley & Sons.

[5] Robinson, D. et. al. 1992. **The Design and Control of Buildings with Passive Downdraught Evaporative Cooling. Sustaining the Future Energy Ecology Architecture : Proceedings of the Sixteenth International PLEA Conference.** 1:453-458.

[6] Lars-Goran Mansson and Svennberg, S.A. 1992. **Demand Controlled Ventilating Systems Source Book.** Stockholm : Ljunglofs Offset AB.

[7] Awbi, H.B. 1998. **Ventilation. Architecture : Comfort and Energy.** Oxford : Elsevier. 157-188.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้