การระบายอากาศแบบไหลผ่านในโรงงานอุตสาหกรรมสลักเกลียว

CROSS VENTILATION FOR BOLTS AND NUTS INDUSTRAILS

สมฤดี อนามยตน

SOMRUDEE ANAMAYATANA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมภายใน

บัณฑิตวิทยาลัย

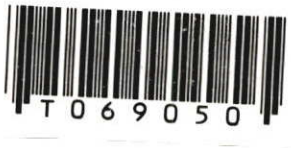
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การระบายอากาศแบบไหลผ่านในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

CROSS VENTILATION FOR BOLTS AND NUTS INDUSTRAILS



สมฤดี อนามยธนะ

SOMRUDEE ANAMAYATANA

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 69050
วัน,เดือน,ปี - 7 ก.พ. 2550

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมภายใน

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

CROSS VENTILATION FOR BOLTS AND NUTS INDUSTRAILS

SOMRUDEE ANAMAYATANA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ARCHITECTURE IN INTERIOR ARCHITECTURE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG

2006

COPYRIGHT 2006

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การระบายอากาศแบบไหลผ่านในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

Cross Ventilation for Bolts and Nuts Industrials

ชื่อนักศึกษา นางสาวสมฤดี อนามยธนะ

รหัสประจำตัว 46062006

ปริญญา สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สถาปัตยกรรมภายใน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.กฤษฎา อินทรสถิตย์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
อาจารย์ฉัตรชัย	อินทรโชติ	
รศ.กฤษฎา	อินทรสถิตย์	
นายศุภพงศ์	สังขวาลี	
รศ.จันทนี	เพชรานนท์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 9 พฤศจิกายน 2549 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ภาควิชาสถาปัตยกรรมภายใน

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(ผศ.ดร.จารุวัตร เจริญสุข)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 29 **เดือน** พฤศจิกายน **พ.ศ.** 2549

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การระบายอากาศแบบไหลผ่านในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ CROSS VENTILATION FOR BOLTS AND NUTS INDUSTRAILS
ชื่อนักศึกษา	นางสาวสมฤดี อนามยธนะ
รหัสประจำตัว	46062006
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมภายใน
พ.ศ.	2549
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์กฤษฎา อินทรสถิตย์

บทคัดย่อ

เนื่องจาก ณ สภาวะปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมเป็นธุรกิจที่มีการขยายตัวอย่างสูง และมีการใช้พลังงานสูงขึ้นทุกปี ดังนั้นการศึกษาการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาตินั้นก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถลดการใช้พลังงานได้ ซึ่งผนังของโรงงานอุตสาหกรรมนั้นส่วนใหญ่เป็นผนังที่ทึบ ดังนั้นจึงทำให้กระแสลมเข้า และ ออกได้น้อย ซึ่งก่อให้เกิดความร้อนภายในโรงงานอุตสาหกรรม โดยความร้อนนั้นไม่สามารถระบายออกได้อย่างท่วงที ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติแบบไหลผ่าน เพื่อให้พนักงานรู้สึกสบายขณะทำงาน และยังช่วยลดปริมาณพลังงานที่ใช้ความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นได้ โดยงานวิจัยนี้จะละเว้นการศึกษาเรื่องความร้อนที่แผ่จากหลังค่ และการจัดสภาพแวดล้อมภายนอกโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นเรื่องที่ต้องทำการศึกษากันต่อไป โดยเป็นที่มาของวัตถุประสงค์ คือ

ศึกษาปัญหาของการระบายอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกว้าง 35 เมตร ยาว 60 เมตร นอกจากนั้นยังทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศภายในอาคารโดยวิธีธรรมชาติแบบลมไหลผ่านซึ่งประกอบด้วยปัจจัยที่ควรพิจารณา คือ การจัดผังตามประเภทของเครื่องจักร การวางเครื่องจักรตามสายงานการผลิต อุณหภูมิ ลักษณะช่องระบายอากาศ ทิศทางตำแหน่งที่ตั้งอาคาร เป็นต้น

การวิจัยนี้ใช้วิธีการทดลองด้วยหุ่นจำลอง 2 ลักษณะ คือ หุ่นจำลอง 2 มิติ และ หุ่นจำลอง 3 มิติ โดยหุ่นจำลอง 3 มิตินั้นใช้ทดสอบในอุโมงค์ลม (Wind Tunnel) ซึ่งจะเก็บผลอัตราการระบายอากาศภายในอาคาร ส่วนหุ่นจำลองที่ 2 ใช้ทดสอบด้วยโต๊ะน้ำ (Flow Visualization Apparatus) โดยหุ่นจำลองที่ใช้ทดสอบมีความแตกต่างกัน ตามตัวแปรที่ศึกษา โดยเก็บผลอัตราการระบายอากาศภายในอาคาร ซึ่งผลการวิจัยนี้สรุปได้ว่า

การจัดวางผังภายในตามขบวนการผลิตสลักภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจริงของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ โดยการจัดผังนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ใช้ความร้อนในขบวนการผลิต และกลุ่มที่ไม่ใช้ความร้อนในขบวนการผลิต โดยกลุ่มที่ใช้ความร้อนนั้นจะมีการจัดวางให้อยู่บริเวณด้านที่กระแสลมพัดออกจากตัวอาคาร และมีตำแหน่งช่องเปิดอยู่สูงจากพื้น 1.20 เมตร เนื่องจากเป็นระดับหน้าอกที่พนักงานยืนขณะทำงาน ส่วนองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม ได้แก่ชนิดของช่องเปิด คือ เกล็ดกระเบื้อง และบล็อกช่องลมชนิดลินคู่ เป็นต้น

การใช้เกล็ดกระเบื้องในการนำลมเข้า และ ออกทั้งหมดนั้น มีผลทำให้กระแสลมเข้าและออกอยู่ระหว่างที่ 0.21-0.32 เมตรต่อวินาที และสามารถนำไปใช้ได้กับทุกทิศในประเทศไทยและเป็นเกณฑ์ที่เกิดกระแสลมที่สบาย โดยที่ไม่เกิดกระแสลมที่แรง และ เร็วจนเกินไป

การเลือกใช้บล็อกช่องลมชนิดลิ้นคู่ทั้งอาคารนั้นมีผลทำให้กระแสลมเข้า และ ออกเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำสุดจากการศึกษากับหุ่นจำลองซึ่งทำให้กระแสลมเข้าและออกนั้นพัดผ่านไปได้อย่างช้า โดยมีเกณฑ์อยู่ระหว่าง 0.19-0.25 เมตรต่อวินาที

การใช้การผสมระหว่างกระเบื้องเกล็ด และบล็อกช่องลมชนิดลิ้นคู่นั้น ทำให้เกิดกระแสลมเข้า และออกอยู่ระหว่าง 0.16-0.38 เมตรต่อวินาที แต่ค่าสูงสุดนั้นเป็นค่าที่ต้องหันในทางทิศใต้เพียงทิศทางเดียว

ดังนั้นการออกแบบโรงงานอุตสาหกรรมนั้นควรคำนึงถึงทิศทางลมที่พัดเข้าสู่ตัวอาคารเป็นหลักการวางผังภายในควรให้บริเวณที่ใช้ความร้อนอยู่บริเวณทางออกของลม และควรวางอาคารแนวเฉียงกับกระแสลมเพื่อให้สามารถดึงลมเข้าได้มากที่สุด เนื่องจากการออกแบบเพียงรูปแบบเดียวไม่สามารถตอบสนองลมจากทุกทิศที่เข้าสู่อาคารได้ รวมทั้งการวางผังภายในนั้นต้องขึ้นอยู่กับขบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมนั้นๆ ซึ่งรูปแบบของโรงงานนั้นควรออกแบบให้มีช่องเปิดในอัตราส่วน และรูปแบบต่างๆ ตามผลทดลอง

Thesis	Cross Ventilation For Bolts and Nuts Industrials
Student	Miss Somrudee Anamayatana
Student ID.	46062006
Degree	Master of Architecture
Program	Interior Architecture
Year	2006
Thesis Advisor	Associate Professor Krisada Indrasthitya

ABSTRACT

As the numbers of industrial factories along with the energy utilization is rapidly growth year by year. Therefore, the study on natural ventilation is an alternative to decrease the energy consumption. Most of the walls of industrial buildings are stifling, thus restricted the inflow and outflow of wind. Working under this environment will happen the hot temper inside the factory, and the temperature can't be rapidly inside the factory ventilation. This research is aiming at increasing the efficiency of air ventilation by utilizing natural cross ventilation in order to enable workers to feel comfortably during works. Moreover, the air ventilation equipment used in industrial factories is also expected to decrease. This research excludes the study on heat radiate from the roof. The objectives of this research are as follows:

To study the problem of air ventilation inside the industrial factory with the size of 35 meters in width and 60 meters in length. In addition, the study is also aiming at increasing the efficiency of air ventilation inside the building by natural cross ventilation. The parameters to be investigated in this study are machines layout , Zoning for machines, size of ventilator, position of ventilator, architectural components such as type of ventilator, etc.

Two types of models, i.e. two-dimension and three- dimension are employed in this study. The three-dimension model was tested in the wind tunnel which the ventilation rate inside the building was obtained. The two-dimension was tested with flow visualization apparatus. The results of ventilation rates are summarized as follows:

The building layout for bolts and nuts production processes inside the industrial factory was divided into 2 sections: one section used heat in production process and another one did not use heat in production process. The section that required heat in production process was designed to locate at the location of outflow air from the building with the ventilator at the height of 1.20 meters above the ground. This is the height at a chest level while worker was standing at work.

For architectural components, parameters such as types of ventilator i.e. flake tiles, long bricks, are investigated.

The use of flake tiles for air ventilation had produced the inward and outward wind velocity in the range of 0.21-0.32 meter per second. This flake tiles can be applied to all directions in Thailand. The wind produced was comfortable and not too strong.

The use of long bricks for air ventilation was resulted in the lowest inward and outward wind with a velocity in the range of 0.19-0.25 meter per second. .

The use of mixed flake tiles and long bricks was resulted in the inward and outward wind velocity in the range of 0.16-0.38 meter per second. However, the highest wind velocity was obtained only in the south direction.

In conclusion, the building layout of an industrial factory should consider the inward wind direction and the heat area must be designed to locate at the outward wind direction from the building. Because one design can not apply to all inward wind directions to the building and the plant design is also depending on the production process of the industrial factory, therefore, the plant layout should be designed by using a suitable ventilation ratio according to the study.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.กฤษฎา อินทรสถิตย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์โดยการให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรที่ได้อนุเคราะห์ให้ใช้อุปกรณ์โต๊ะน้ำรวมทั้งอาจารย์และเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัยศิลปากรที่ได้ให้ความช่วยเหลือที่ดีแก่ข้าพเจ้าขณะทำการทดลอง

ขอขอบพระคุณภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อุโมงค์ลมในการทดลอง

ขอขอบคุณคุณศุภพงษ์ สังขวามี ผู้เชี่ยวชาญการที่กรุณาเป็นกรรมการภายนอกในการสอบวิทยานิพนธ์ และยังให้คำแนะนำบางประการที่เกี่ยวกับการศึกษาครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณขอขอบพระคุณคุณแม่ที่คอยเป็นห่วงตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับมารดาซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง และขอมอบให้กับโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน็อตของข้าพเจ้า และ ของบุคคลอื่นที่ที่วิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ ตลอดจนอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้าตลอดมา

สมฤดี อนามยธนะ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ.....V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....XIII

สารบัญภาพ.....XV

สารบัญกราฟ.....XXII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....1

1.2 สรุปประเด็นปัญหา.....4

1.3 วัตถุประสงค์.....4

1.4 การเชื่อมกรอบวัตถุประสงค์.....4

1.5 คำถามการวิจัย.....5

1.6 สมมุติฐานของงานวิจัย.....5

1.7 ขอบเขตของการวิจัย.....6

1.8 นิยามศัพท์.....6

1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....8

1.10 สรุปส่วนที่จะทำการศึกษาในบทต่อไป.....8

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม.....9

2.1 สภาวะความสบายเชิงความร้อน.....10

2.1.1 องค์ประกอบความรู้สึกสบายเชิงความร้อนระหว่างมนุษย์กับสภาพแวดล้อม...10

2.1.2เขตสภาวะน่าสบายของประเทศไทย.....12

2.2 ทฤษฎีของลม.....14

2.2.1 การระบายอากาศ.....14

2.2.2 หลักการเคลื่อนที่ของอากาศ.....15

2.2.3 การระบายอากาศตามธรรมชาติ.....15

2.2.4 ลักษณะการไหลของอากาศ.....16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.5 คุณสมบัติการไหลของแต่ละประเภท....16
2.2.6 รูปแบบการถ่ายเทอากาศแบบธรรมชาติในโรงงาน....17
2.2.6.1 การถ่ายเทอากาศด้านเดียว....17
2.2.6.2การถ่ายเทอากาศโดยให้ลมพัดผ่าน....17
2.2.6.3 การถ่ายเทอากาศโดยใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิ....17
2.2.7 หลักการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติแบบลมพัดผ่าน....18
2.2.8 อัตราเร็วลม....20
2.2.8.1 ความเร็วลมพื้นผิว....20
2.2.8.2 อัตราเร็วลมกับความรู้สึก....20
2.2.9 ทิศทางและความเร็วลมในชานเมืองกรุงเทพมหานคร....21
2.2.10 การระบายอากาศเพื่อความสบาย....23
2.3 รูปร่างและสัดส่วนของอาคารสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับลักษณะภูมิอากาศ และสัมพันธ์กับทิศทางลม กระแสลม....25
2.4 หลักการพิจารณาเพื่อเลือกใช้การถ่ายเทอากาศแบบธรรมชาติในโรงงาน....26
2.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศ....26
2.4.2 การคำนวณอัตราการถ่ายเทอากาศ....26
2.4.3 การเลือกสถานที่....26
2.4.4 โครงสร้างและผนังโรงงาน....26
2.4.5 การป้องกันแสงแดด....27
2.4.6 การจัดพื้นที่ภายในโรงงาน....27
2.5 หลักการพิจารณาการออกแบบช่องเปิดอากาศโรงงานเพื่อถ่ายเทอากาศ แบบธรรมชาติ....27
2.5.1 ประเภทช่องเปิดอากาศ....27
2.5.2 หลักการออกแบบช่องเปิดอากาศเบื้องต้น....30
2.5.2.1 ขนาด และ จำนวนช่องเปิด....31
2.5.2.2 ทิศทางของลมที่สัมพันธ์กับช่องเปิด....31
2.5.2.3 ตำแหน่งช่องเปิด....32
2.5.2.4 ชนิดของหน้าต่างกับผลของกระแสลมที่เข้าภายในห้อง....34

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 การลดความร้อนที่ผ่านกรอบอาคาร....35
2.6.1 รูปร่าง และ เส้นรอบรูปของกรอบอาคาร....35
2.6.2 การวางอาคาร....35
2.6.3 การให้ร่มเงา....35
2.6.4 วัสดุ....36
2.6.5 การใช้กระจก....37
2.6.6 การใช้ที่ว่าง....37
2.6.7 การปูวัสดุโดยรอบ....37
2.7 การวางผังโรงงานอุตสาหกรรม....38
2.7.1 ชนิดของโรงงาน....38
2.7.1.1 การวางผังโรงงานตามชนิดของผลิตภัณฑ์....38
2.7.1.2 การวางผังตามขบวนการผลิต....38
2.7.1.3 การวางผังโรงงานตามตำแหน่งของงาน....39
2.7.2 การออกแบบอาคารโรงงาน และ โครงสร้าง....40
2.7.2.1 รูปทรงอาคารโรงงาน....40
2.7.2.2 สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบอาคารโรงงานและโครงสร้าง....40
2.7.3 กิจกรรมกับความต้องการที่ควบคู่....41
2.8 เกณฑ์ในการออกแบบอาคารโรงงานอุตสาหกรรม....42
2.8.1 กฎกระทรวง ฉบับที่ 2(พ.ศ.2535)....42
2.8.2 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2544....43
2.9 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....43
2.9.1 ตำแหน่งช่องเปิด....43
2.9.2 ขนาด และ จำนวนช่องระบายอากาศ....44
2.9.3 ทิศทางของช่องระบายอากาศ....44
2.9.4 ทิศทางการไหลของกระแสลม....44
2.9.5 การใช้ผนังกั้นภายในห้องกับผลของกระแสลม....45
2.9.6 ระยะความสูงของช่องเปิดถึงพื้น....45
2.9.7 พืชพันธุ์รอบๆ....45

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.10 สรุปวิธีวิจัยที่ใช้การทดลองในการหาทิศทางกระแสลมและความเร็วลมที่ผ่านมา....45
2.10.1 การทดลองด้วยโต๊ะน้ำ (Flow Visualization)..... 46
2.10.2 เทคนิคอุโมงค์ลม (Wind Tunnel)..... 46
2.11 ตัวอย่างโรงงานอุตสาหกรรมน็อตสกรู.....47
2.11.1 บริษัทสามัคคีสลักภัณฑ์..... 47
2.11.2 ห้างหุ้นส่วนจำกัดเพิ่มพูลสลักภัณฑ์ และ กลการ.....49
2.12 สรุปส่วนที่จะทำการศึกษาในบทต่อไป..... 51

บทที่ 3 ระเบียบการวิจัย.....52
3.1 เป้าหมายของการวิจัย.....52
3.1.1 หาอุณหภูมิ.....52
3.1.2 วิเคราะห์ขบวนการผลิต.....52
3.1.3 วัดขนาดเครื่องจักร.....52
3.1.4 หาพื้นที่ใช้สอยของแต่ละเครื่องจักร.....52
3.1.5 หาขนาดพื้นที่เพื่อเจาะช่องระบายอากาศ.....52
3.1.6 นำชนิดของช่องระบายอากาศมาทดลอง.....52
3.1.7 นำเครื่องจักรมาจัดภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์.....53
3.1.8 หารูปแบบจำลอง.....53
3.1.9 หาอัตราเร็วภายในอุโมงค์ลม.....55
3.1.10 ทำการทดลองกับโต๊ะน้ำ.....55
3.2 การแปลงนิยามด้านมโนทัศน์ เป็นนิยามปฏิบัติการ.....57
3.3 ปัญหาของการระบายอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์.....58
3.4 ขบวนการผลิตของรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์.....62
3.5 ความต้องการของพื้นที่ต่อเครื่องจักรที่ต้องการใช้.....65
3.5.1 ลักษณะรูปแบบเครื่องจักรภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์.....67
3.5.2 สลักภัณฑ์ที่ได้หลังจากหารผ่านขบวนการผลิตในรูปแบบต่างๆ.....72

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5.3 Functional Diagram....73

3.5.3.1 Bolts Functional Diagram....73

3.5.3.2 Nuts Functional Diagram....74

3.5.3.3 L-bolts J-Bolts and Washers Functional Diagram....74

3.5.3.4 ปั๊มปั๊เย็น Functional Diagram....75

3.5.4 Bubble Diagram....76

3.5.5 การวางผังโรงงานตามขบวนการผลิตน็อตสกรู....77

3.6 หุ่นจำลอง....77

3.6.1 วิธีการทดลอง....77

3.6.2 ลักษณะของแปลนหุ่นจำลอง....78

3.7 เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรต่างๆ....79

3.7.1 การใช้เครื่องมือในการชี้วัดตัวแปร....79

3.7.1.1 การจำลองอัตราเร็ว....79

3.7.1.2 การวัดความเร็วลมภายในหุ่นจำลอง....80

3.7.1.3 การวัดทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสลม....81

3.7.2 ตำแหน่งการวัดภายในหุ่นจำลอง สำหรับเครื่องมือวัดความเร็วลม....81

3.7.3 การวางหุ่นจำลองในอุโมงค์ลม....81

3.8 วิธีการทำการทดลอง....82

3.8.1 เก็บวัดอุณหภูมิ และ ความชื้นสัมพันธ์....82

3.8.2 หารูปแบบวัสดุที่ใช้ในการระบายอากาศ....82

3.8.3 จัดเสนอแปลนที่ได้จากขบวนการวิเคราะห์....82

3.8.4 การสร้างหุ่นจำลอง....82

3.8.5 นำรูปตัดไปทำการทดลอง....82

3.9 กระบวนการวิเคราะห์....82

3.9.1 การวิเคราะห์ผลสรุปข้อมูล....82

3.10 สรุปส่วนที่ทำการศึกษาในบทต่อไป....83

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ลักษณะของหุ่นจำลอง ผลการวิจัย และ ผลการวิเคราะห์ของการทดลอง.....84
4.1 สรุปตัวแปรที่ทำการวิจัย.....84
4.1.1 ตัวแปรอิสระ.....84
4.1.2 ตัวแปรควบคุม 84
4.1.3 ตัวแปรตาม.....84
4.2 ตารางเชื่อมโยง กลุ่มตัวแปรอิสระ ตัวแปรควบคุม และตัวแปรตามในการสร้างโรงงานจำลอง.....85
4.2.1 ลักษณะรูปแบบที่ใช้ในการทำผนังของโรงงานอุตสาหกรรม.....85
4.2.2 ลักษณะรูปแบบของรูปด้านของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์..... 86
4.2.3 ลักษณะภาพตัดภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์.....88
4.2.4 ลักษณะรูปแบบที่ใช้ในการทำผนังของโรงงานอุตสาหกรรม.....89
4.2.5 ขบวนการคิดหุ่นจำลองที่ 1,2 และ 3.....91
4.2.6 ขบวนการทดลองเพื่อเลือกวัสดุที่มาใช้กับหุ่นจำลองที่ 1,2 และ 3.....92
4.2.6.1 ลักษณะหุ่นจำลองที่ 1. 95
4.2.6.2 ลักษณะหุ่นจำลองที่ 2.....96
4.2.6.3 ลักษณะหุ่นจำลองที่ 3.....98
4.2.7 รูปแบบการวางหุ่นจำลองในอุโมงค์ลม.....100
4.3 การวิจัย และ ผลของการวิเคราะห์องค์การวัดความเร็วลมภายในอาคารโดยการใช้อุโมงค์ลม.....101
4.4 การวิจัย และ ผลของการวิเคราะห์ทิศทางกระแสลม และการระบายอากาศอาคาร โดยการใช้โต๊ะน้ำ (Flow Visualization Apparatus) 105
4.5 สรุปผลการทดลองโต๊ะน้ำ.....106
4.5.1 การทดลองโต๊ะน้ำ กับส่วนผนังอาคาร โรงงานอุตสาหกรรมสกรูน๊อต.....106
4.5.1.1 การทดลองส่วนผนังอาคารที่หันทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ..... 107
4.5.1.2 การทดลองส่วนผนังอาคารที่หันทางด้านทิศใต้.....108
4.5.1.3 การทดลองส่วนผังอาคารที่หันทางทิศตะวันตกเฉียงใต้..... ..109
4.5.2 สรุปผลการทดลองการใช้อุโมงค์ลม และ โต๊ะน้ำ 109

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5.3 การทดลองโต๊ะน้ำกับส่วนรูปตัดของโรงงานสกรูนอต.....111
4.5.3.1 แบบจำลองที่ 1รูปตัดที่มีการใช้บานเกล็ดทั้งหมดอาคาร.....111
4.5.3.2 แบบจำลองที่ 2รูปตัดที่มีการใช้บล็อกช่องลมทั้งอาคาร.....120
4.5.3.3 แบบจำลองที่ 3รูปตัดที่มีการใช้บล็อกช่องลมผสมผสานกับ
เกล็ดกระเบื้อง.....129
4.5.4 สรุปผลการทดลองหุ่นจำลองและโต๊ะน้ำ.....139
4.5.4.1 แสดงพฤติกรรมการไหลของกระแสลมกับหุ่นจำลองที่ 1 139
4.5.4.2 แสดงพฤติกรรมการไหลของกระแสลมกับหุ่นจำลองที่ 2 142
4.5.4.3 แสดงพฤติกรรมการไหลของกระแสลมกับหุ่นจำลองที่ 3 145
4.5.5 สรุปผลการทดลองโต๊ะน้ำกับรูปแบบต่างๆของโรงงานสลักภัณฑ์.....148
4.6 สรุปส่วนที่ทำการศึกษาในบทต่อไป..... 149

บทที่ 5 บทสรุป.....150
5.1 บทสรุป.....150
5.1.1 ลักษณะการเปิดของช่องเปิด.....150
5.1.2 ทิศทางการวางหุ่นจำลองกับอุโมงลม.....151
5.1.3 การจัดวางผังของเครื่องจักร.....152
5.1.4 ทิศทางการหันของตัวอาคาร.....153
5.1.5 ลักษณะรูปแบบการใช้วัสดุ.....154
5.1.5.1 การใช้เกล็ดกระเบื้องทั้งหมดของตัวอาคาร.....154
5.1.5.2 การใช้วัสดุแบบผสมผสานระหว่างเกล็ดกระเบื้องและบล็อกช่องลม.157
5.2 สรุปผลการทดลอง.....160
5.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย.....163

บรรณานุกรม.....164

ภาคผนวก.....166

ประวัติผู้เขียน.....186

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 จำแนกลักษณะการไหลของอากาศ....16
2.2 แสดงถึงความเร็วลมในอาคารกับสภาวะน่าสบาย....20
2.3 แสดงถึงกระแสลมที่พัดผ่านประจำเดือนของกรุงเทพมหานคร....22
2.4 แสดงถึงอัตราเร็วลมเฉลี่ยของทิศทางต่างๆทั้ง 4 ปี(1995-1998) ของกรุงเทพมหานคร....23
2.5 ช่วงอัตราเร็วของอากาศภายในกับผลกระทบต่อมนุษย์....24
2.6 แสดงกิจกรรมกับความต้องการควบคู่....41
3.1 การแปลงนิยามด้านมโนทัศน์เป็นนิยามปฏิบัติการ....57
3.2 ความต้องการพื้นที่ของเครื่องจักร.... 65
3.3 ความสัมพันธ์ และ พื้นที่ของขบวนการผลิตอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....73
3.4 ความสัมพันธ์ และ พื้นที่ของขบวนการผลิตอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....74
3.5 ความสัมพันธ์ และ พื้นที่ของขบวนการผลิตอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....74
3.6 ความสัมพันธ์ และ พื้นที่ของขบวนการผลิตอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....75
3.7 Bubble Diagram ของผลิตนอตสกรู....76
4.1 ขบวนการคิดหุ่นจำลองที่ 1,2 และ 3....91
4.2 อัตราความเร็วลมเฉลี่ยของวัสดุต่างๆที่นำมาใช้ในการทำหุ่นจำลองประเภทต่างๆ....92
4.3 ค่าเฉลี่ยความเร็วลม และ อุณหภูมิที่วัดได้....101
4.4 ทิศทางการไหลของกระแสลมของรูปแบบแปลนหุ่นจำลองที่ 1....139
4.5 ทิศทางการไหลของกระแสลมของรูปด้านสั้นของหุ่นจำลองที่ 1 140
4.6 ทิศทางการไหลของกระแสลมของรูปด้านยาวหุ่นจำลองที่ 1....141
4.7 ทิศทางการไหลของกระแสลมของรูปแบบแปลนหุ่นจำลองที่ 2....142
4.8 ทิศทางการไหลของกระแสลมของรูปด้านยาวของหุ่นจำลองที่ 2 143
4.9 ทิศทางการไหลของกระแสลมของรูปด้านสั้นของหุ่นจำลองที่ 2 144
4.10ทิศทางการไหลของกระแสลมของรูปแบบแปลนหุ่นจำลองที่ 3 145
4.11ทิศทางการไหลของกระแสลมของรูปด้านยาวของหุ่นจำลองที่ 3 146
4.12ทิศทางการไหลของกระแสลมของรูปด้านสั้นของหุ่นจำลองที่ 3 147
ก1 แสดงอุณหภูมิในขณะที่มีการทำงานภายในโรงงานอุตสาหกรรม....168
ก2 แสดงภาพบริเวณส่วนแผนกตัดเหล็กภายในโรงงาน....169
ก3 แสดงอุณหภูมิในขณะที่มีการทำงานภายในโรงงานอุตสาหกรรม....170

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ก4 แสดงอุณหภูมิในขณะที่มีการทำงานายในโรงงานอุตสาหกรรม....171
ก5 แสดงอุณหภูมิในขณะที่มีการทำงานภายในโรงงานอุตสาหกรรม....172
ก6 แสดงอุณหภูมิในขณะที่มีการทำงานายในโรงงานอุตสาหกรรม....173
ก7 แสดงตัวแปรต่างๆ ของหุ่นจำลองที่ 1, 2 และ 3....174
ก8 ค่าความเร็วลมและอุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 1 หันอาคารทางทิศใต้....176
ก9 ค่าความเร็วลมและอุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 2 หันอาคารทางทิศใต้....177
ก10 ค่าความเร็วลมและอุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 3 หันอาคารทางทิศใต้....178
ก11 ค่าความเร็วลมและอุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 1
หันอาคารทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ....179
ก12 ค่าความเร็วลมและอุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 2
หันอาคารทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ....180
ก13 ค่าความเร็วลมและอุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 3
หันอาคารทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ....181
ก14 ค่าความเร็วลมและอุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 1
หันอาคารทางทิศตะวันออกเฉียงใต้....182
ก15 ค่าความเร็วลมและอุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 2
หันอาคารทางทิศตะวันออกเฉียงใต้....183
ก16 ค่าความเร็วลมและอุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 3
หันอาคารทางทิศตะวันออกเฉียงใต้....184

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1 ภาพเกล็ดกระเบื้องโรงงานอุตสาหกรรม....3
1.2 ภาพบล็อกช่องลมชนิดกันฝนแบบลิ้นคู่ และ แบบทแยง 4 ช่อง....3
2.1 ความอดทนของร่างกายต่อการแปรผันของอุณหภูมิ และ ความชื้น....11
2.2 ความเปลี่ยนแปลงของระดับความสบายเมื่อมีลมพัดผ่านในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกัน....11
2.3 แผนภูมิอากาศแสดงเขตความสบายสำหรับกรุงเทพมหานคร....13
2.4 รูปแบบการถ่ายเทอากาศธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรม....17
2.5 แสดงลมทะลุผ่านอาคาร โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่ด้วยความกดอากาศ....18
2.6 แสดงการเปิดเพียงด้านเดียว คือ ใต้ลม....19
2.7 แสดงการเปิดเพียงด้านเหนือลม และ ด้านใต้ลม....19
2.8 เปรียบเทียบขนาด และ สัดส่วนของอาคารขนาดเดียวกันในลักษณะภูมิอากาศที่ต่างกัน....25
2.9 ช่องเปิดอากาศที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม....28
2.10 ลักษณะรูปแบบของเกล็ดกระเบื้องภายในโรงงานอุตสาหกรรม....28
2.11 แสดงลักษณะการเปิดช่องระบายอากาศในรูปแบบต่างๆของโรงงานอุตสาหกรรม....29
2.12 แสดงขนาดช่องที่แตกต่าง กรณีที่ลมตั้งฉากเข้าสู่ช่องเปิด....32
2.13 แสดงขนาดช่องเปิดที่ต่างกัน กรณีลมทำมุมเข้าสู่ช่องเปิด....32
2.14 ระยะสัดส่วนของมนุษย์ในท่าต่างๆ....33
2.15 ลักษณะการยืนทำงานตามกระบวนการผลิต....34
2.16 แสดงวิธีการลดความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่อาคารด้วยวิธีต่างๆ....35
2.17 ลักษณะการวางอาคาร....35
2.18 ลักษณะของการวางกรอบอาคารเพื่อให้ได้รับเงาร่ม....36
2.19 ลักษณะของการใช้วัสดุที่ป้องกันความร้อนให้กับอาคาร....37
2.20 ลักษณะของการทำหลังคาจั่วเพื่อระบายอากาศที่ร้อนออก....37
2.21 ลักษณะของวัสดุปูพื้นภายนอกที่กักเก็บความร้อนได้ต่ำ และ สูง....38
2.22 การวางผังโรงงานตามชนิดของผลิตภัณฑ์....38
2.23 การวางผังโรงงานตามขบวนการผลิต....39
2.24 การวางผังโรงงานตามตำแหน่งงาน....39
2.25 ลักษณะโครงสร้างหลังคาของอาคารโรงงานแบบต่างๆ....40
2.26 แสดงผังของการมีสิ่งประกอบทางตั้งเบี่ยงเบนกระแสลม....45

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

2.27รูปแบบด้านแปลนของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....47
2.28 รูปแบบด้านข้างของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....48
2.29 รูปแบบด้านข้างของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....48
2.30 รูปแบบทัศนียภาพของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....49
2.31 รูปแบบด้านแปลนของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....50
2.32 รูปแบบด้านข้างของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน็อตสกรู....50
2.33 รูปแบบด้านข้างของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน็อตสกรู....51
2.34 รูปแบบทัศนียภาพของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน็อตสกรู....51
3.1 บล็อกช่องลมชนิดลิ้นคู่ และ เกล็ดกระเบื้อง....53
3.2 ผนังช่องระบายอากาศที่มีกระแสลมเข้าแคบผนังช่องระบายอากาศที่มีกระแสลมออกกว้าง..53
3.3 รูปแบบจำลองที่ 1 ช่องระบายอากาศชนิดเกล็ดกระเบื้อง....54
3.4 รูปแบบจำลองที่ 2 ช่องระบายอากาศอิฐบล็อกชนิดลิ้นคู่....54
3.5 รูปแบบจำลองที่ 3 ช่องระบายอากาศชนิดเกล็ดกระเบื้อง ผสมกับอิฐบล็อกชนิดลิ้นคู่....54
3.6 อุโมงค์ลมที่ใช้ทดสอบ เพื่อหาอัตราเร็วลมภายในรูปแบบจำลองต่างๆ....55
3.7 เครื่องมือที่ใช้วัดหาความเร็วลม อุณหภูมิ และ ความชื้นสัมพัทธ์....55
3.8 โต๊ะน้ำเป็นเครื่องมือที่ใช้หาลักษณะการไหลของกระแสลม....56
3.9 ผังบริเวณเดิม โดยรวมของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....59
3.10 ผังการจัดวางเครื่องจักรเดิมของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....59
3.11 รูปด้านที่ 1 ของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....60
3.12 รูปด้านที่ 2 ของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....60
3.13 รูปด้านที่ 3 ของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....61
3.14 รูปด้านที่ 4 ของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....61
3.15 เครื่องกลึง....67
3.16 เครื่องรีดเกลียว....67
3.17 เครื่องเหลาเหล็ก....68
3.18 เครื่องไสเหล็ก....68
3.19 เครื่องเลื่อยเหล็ก....68
3.20 เครื่องต๊าปเกลียวสำหรับหัวน็อต....68

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.21 เครื่องปาดคอ หรือ เครื่องล้างคอ....69

3.22 เครื่องรีดเกลียว (ปั๊มเย็น)....69

3.23 เครื่องตีนอต (ปั๊มเย็น)....69

3.24 เครื่องตัดเหลี่ยม (ปั๊มเย็น)....70

3.25 เครื่องเจียรเหล็ก....70

3.26 เครื่องปั๊มสลักภัณฑ์ขึ้นรูป....70

3.27 เครื่องปั๊มหัวน็อตขึ้นรูป....71

3.28 เครื่องตอกเหลี่ยม....71

3.29 เครื่องตัดเหล็กเส้น....71

3.30 เครื่องตัดเหล็กสำหรับปั๊มหัวน็อต....72

3.31 เครื่องแชมป์หัวน็อต....72

3.32 ภาพสตั๊ด....72

3.33 ภาพโบ๊ลท์....72

3.34 ภาพนัท....73

3.35 ผลผลิตที่ได้(Stainless Steel)....73

3.36 ผังผลิตสกรูนอต....77

3.37 ผนังการทำงานของโรงงานผลิตน็อตสกรูซึ่งจัดวางผังตามขบวนการผลิต....79

3.38 แสดงเครื่องอุโมงค์ลม (Wind Tunnel)....80

3.39 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิ และ วัดความชื้น และ เครื่องเครื่องฮอท วายร์ แอนนีโมมิเตอร์ (Hot Wire Anemoter) 80

3.40 แสดงเครื่องโต๊ะน้ำ (Flow Visualization Apparatus)....81

3.41 แสดงทิศทางการวางหุ่นจำลองกับทิศทางในอุโมงค์ลม....81

4.1 รูปแบบแปลนจำลองภายในโรงงานสกรูนอต....85

4.2 ภาพแสดงสัญลักษณ์ของภาพตัด....85

4.3 รูปด้านข้างของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ด้านอากาศเย็นเข้า....86

4.4 รูปด้านข้างของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ด้านอากาศร้อนออก....86

4.5 รูปด้านหน้าของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....87

4.6 รูปด้านหลังของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....87

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.29 รูปแบบการหันตัวอาคาร และ ทิศทางกระแสลมเข้าสู่ตัวอาคาร....103
4.30 ภาพแปลนที่ใช้ทำการทดลองโต๊ะน้ำเพื่อหาการไหลเวียนของอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์....106
4.31 แสดงแผนกต่างๆภายในอาคารโรงงานอุตสาหกรรม....107
4.32 แสดงทิศทางกระแสลมที่เข้าตัวอาคารด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของโรงงาน....107
4.33 แสดงทิศทางกระแสลมที่เข้าตัวอาคารด้านทางทิศใต้ของโรงงาน....108
4.34 แสดงทิศทางกระแสลมที่เข้าตัวอาคารด้านทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของโรงงาน....109
4.35 แสดงทิศทางของกระแสลมเข้า และ กระแสลมออกที่ดีที่สุด....110
4.36 รูปตัดที่ใช้ในการทดลองโต๊ะน้ำของอาคารโรงงานอุตสาหกรรมสกรูน็อต....111
4.37 กระแสลมเข้าทางทิศใต้อาคารโรงงาน....111
4.38 กระแสลมเข้าทางทิศเหนืออาคารโรงงาน....112
4.39 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันตกอาคารโรงงาน....113
4.40 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันออกอาคารโรงงาน....114
4.41 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันตกอาคารโรงงาน....115
4.42 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันออกอาคารโรงงาน....116
4.43 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันตกอาคารโรงงาน....117
4.44 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันออกอาคารโรงงาน....118
4.45 ภาพรวมทั้งหมดของการไหลของกระแสลมแบบจำลองที่ 1....118
4.46 กระแสลมเข้าทางทิศใต้อาคารโรงงาน....120
4.47 กระแสลมเข้าทางทิศเหนืออาคารโรงงาน....121
4.48 กระแสลมเข้าทางทิศเหนืออาคารโรงงาน....122
4.49 กระแสลมเข้าทางทิศใต้อาคารโรงงาน....123
4.50 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันตกอาคารโรงงาน....124
4.51 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันออกอาคารโรงงาน....125
4.52 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันตกอาคารโรงงาน....126
4.53 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันออกอาคารโรงงาน....127
4.54 ภาพรวมทั้งหมดของการไหลของกระแสลมแบบจำลองที่ 2....127

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.55	กระแสลมเข้าทางทิศตะวันใต้อาคารโรงงาน	129
4.56	กระแสลมเข้าทางทิศเหนืออาคารโรงงาน	130
4.57	กระแสลมเข้าทางทิศเหนืออาคารโรงงาน	131
4.58	กระแสลมเข้าทางทิศใต้อาคารโรงงาน	132
4.59	กระแสลมเข้าทางทิศตะวันตกอาคารโรงงาน	133
4.60	กระแสลมเข้าทางทิศตะวันออกอาคารโรงงาน	134
4.61	กระแสลมเข้าทางทิศตะวันตกอาคารโรงงาน	135
4.62	กระแสลมเข้าทางทิศตะวันออกอาคารโรงงาน	136
4.63	ภาพรวมทั้งหมดของการไหลของกระแสลมแบบจำลองที่ 3	137
4.64	กระแสลมที่นำเข้า และ ออกได้ดี	148
4.65	การเหนี่ยวนำอากาศระหว่างความหนาแน่นน้อย กับความหนาแน่นมาก	149
5.1	ลักษณะผนังที่เปิดให้กระแสลมเข้า และกระแสลมออกของแบบจำลองที่ 3	150
5.2	ทิศทางของกระแสลมที่พัดเข้าสู่อาคาร	151
5.3	แสดงด้านที่มีกระแสลมเข้า และ กระแสลมออก	151
5.4	แสดงด้านที่มีกระแสลมเข้า และ กระแสลมออก	152
5.5	แสดงขบวนการผลิตสกรูนอต	153
5.6	แสดงทิศทางกระแสลมเข้าซึ่งทำมุมกับอาคาร	154
5.7	แสดงการวางแปลนของขบวนการผลิตของหุ่นจำลองที่ 1	155
5.8	แสดงภาพตัดของโรงงานอุตสาหกรรมสกรูนอต	156
5.9	หุ่นจำลองที่ 1 วัสดุ คือเกล็ดกระเบื้องทั้งอาคาร	156
5.10	แบบแปลนที่แสดงถึงการไหลของกระแสลมเข้า และ กระแสลมออกได้ดี	157
5.11	แบบแปลนที่แสดงการจัดวางแปลนของหุ่นจำลองที่ 3	158
5.12	แสดงภาพตัดของโรงงานอุตสาหกรรมสกรูนอตของหุ่นจำลองที่ 3	159
5.13	หุ่นจำลองที่ 3 วัสดุคือการใช้เกล็ดกระเบื้องผสมผสานกับบล๊อกช่องลมชนิดลิ้นคู่	159
5.14	แปลน และ ทิศทางของลมภายในโรงงานอุตสาหกรรมสกรูนอต	161
5.15	ASSEMBLY ของอาคารโรงงานอุตสาหกรรมสกรูนอต	162
5.16	รูปทัศนียภาพของหุ่นจำลองที่ 1 และ หุ่นจำลองที่ 3	162
ก1	แสดงแปลนรวมส่วนที่มีขบวนการผลิต	167

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ก2	ส่วนแผนกต๊าปเกลียวน็อตและดึงเหล็ก	168
ก3	แสดงภาพบริเวณส่วนปั๊มป์ร้อนภายในโรงงานอุตสาหกรรม	169
ก4	แสดงภาพบริเวณส่วนตัดเหล็กภายในโรงงานอุตสาหกรรม	170
ก5	แสดงภาพบริเวณส่วนแผนกปั๊มป์หัวน๊อตภายในโรงงานอุตสาหกรรม	170
ก6	แสดงภาพบริเวณส่วนห้องช่าง และส่วนจัดส่ง	171
ก7	แสดงภาพบริเวณแผนกเหลา รีดเกลียว ทำแหวน และล้างคอ และปาดหัวน๊อต	172
ก8	แสดงส่วนบริเวณแผนกปั๊มป์เย็น	173
ก9	ตำแหน่งของการวัดกระแสลมเข้า และออกภายในอุโมงลม	175

สารบัญกราฟ

กราฟที่ **หน้า**

1.1 แสดงอุณหภูมิตามแผนกต่างๆ.....2
1.2 กรอบวัตถุประสงค์.....5
3.1 ขบวนการผลิตสลักภัณฑ์ด้วยวิธีปั๊มร้อนภายในอุตสาหกรรม.....63
3.2 ขบวนการผลิตหัวนอตด้วยวิธีปั๊มร้อนภายในอุตสาหกรรม.....64
3.3 ขบวนการผลิตสลักภัณฑ์โดยวิธีปั๊มเย็นภายในโรงงานอุตสาหกรรม.....64
4.1 อัตราเร็วลมกับทิศทางของกระแสลม.....102
4.2 อัตราเร็วลมเฉลี่ยกับหุ่นจำลองที่ 1-3 102

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

โรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปในในประเทศไทยโดยทั่วไปจะมีช่องระบายอากาศในลักษณะที่เหมื อนกัน คือ เปิดช่องระบายอากาศเพียงด้านบนของผนัง และส่วนยอดของหลังคาโดยผนังตอนล่างจะปิดทึบ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ความร้อนที่นับวันมีแต่จะสูงขึ้น ไม่สามารถระบายอากาศออกได้ทันท่วงทีทำให้เกิดความร้อนสะสมอยู่ภายใน เนื่องมาจากความร้อนที่สะสมอยู่บริเวณโดยรอบ ความร้อนของเครื่องจักร และ ความร้อนที่เกิดจากขบวนการผลิตเป็นต้น ดังนั้น อุตสาหกกรรมที่ใช้ความร้อนในขบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ เป็นต้นจะทำให้เกิดความร้อนสะสมภายในโรงงานมากกว่าอุตสาหกรรมประเภทอื่น

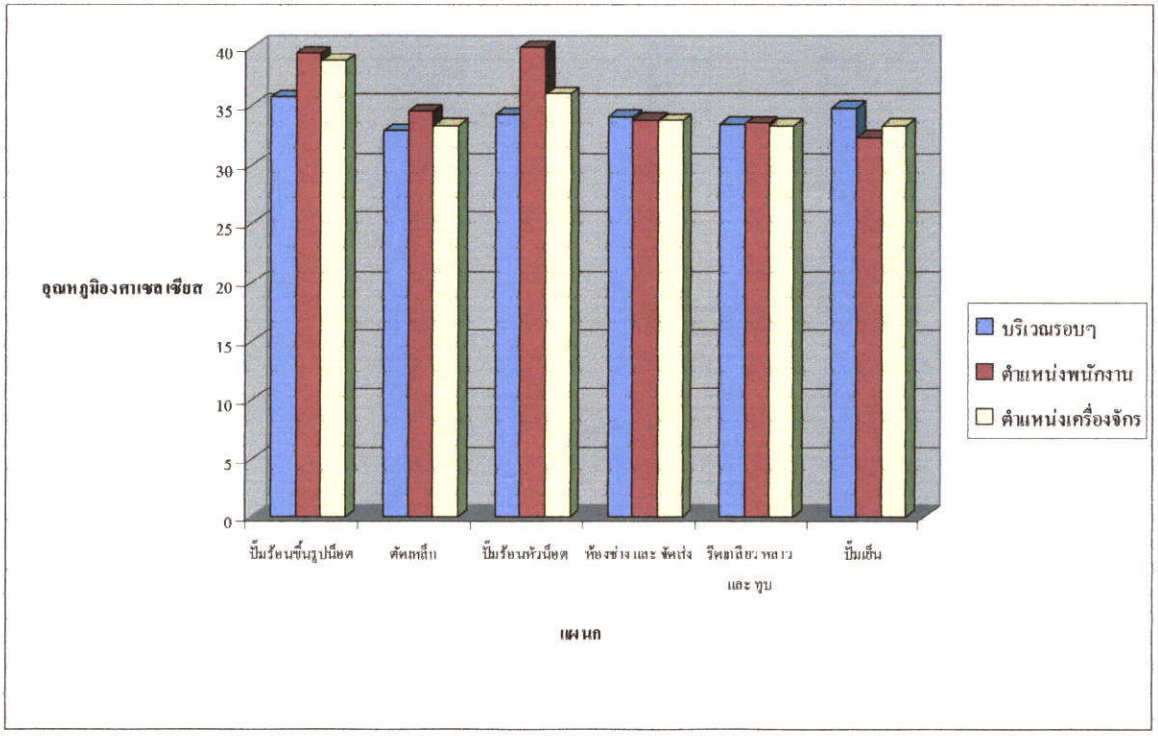
จากการศึกษาข้อมูลอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ นั้นพบว่า ตัวแปรที่ส่งผลต่อการระบายอากาศนั้น คือ การลดความร้อน และ ความชื้นสัมพันธ์ เนื่องจากความร้อนนั้นไม่ว่าจะทำงานอยู่รอบๆ เตาอบหม้อน้ำ เครื่องอบผ้า และ เครื่องจักรอื่นๆ ที่สามารถส่งความร้อนออกมานั้นจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานได้อย่างไม่เต็มที่ เพราะ ความร้อนมีผลกระทบทั้งร่างกาย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าองค์กรต่างๆ ยอมรับว่าความร้อนมีผลกระทบต่อการผลิต (อารี เพชรผุด. 2536) ฉะนั้นหากทำให้อากาศในอาคารเกิดความเคลื่อนไหว ก็จะสามารถถ่ายเท หรือ ระบายอากาศได้ โดยกระแสลมที่เข้าสู่อาคารจะพัดพาเอาอากาศเก่าออกไป และ นำอากาศใหม่เข้ามาแทนที่เป็นการช่วยลดความร้อน และ ความชื้นภายในอาคาร และ ถ้ากระแสลมพัดผ่านพนักงานก็จะทำให้เกิดความรู้สึกที่เย็นลงจากลมที่พัดผ่าน (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2536 : 6) ทิศทางการตั้งของตัวอาคารก็เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้กระแสลมเข้าภายในอาคารได้โดยเฉพาะทางทิศใต้มีลมพัดผ่านนานที่สุด คือ ตั้งแต่เดือน มกราคม ถึงเดือน กรกฎาคม และ ยังมีความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ที่ 37.44 % (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543) ถ้าโรงงานอุตสาหกรรมตั้งในทิศทางที่ถูกกับกระแสลมที่พัดก็จะทำให้ลมสามารถไหลเวียนเข้า และ ออกได้เกิดสภาวะน่าสบาย ณ.อุณหภูมิ และ ความชื้นณ.จุดนั้นๆ ซึ่งเป็นไปตามสมการความเร็วลมจะแปรผันตามกับอุณหภูมิ และ ความชื้น (Cowan. 1991)

$$\text{ความเร็วลม} = 30(\text{อุณหภูมิ} - 81 + 5.1\ (\text{ความชื้นสัมพันธ์}-60)/10) \qquad \textbf{(1.1)}$$

จากสภาพจริงประกอบการอ้างอิงนั้น พบว่า การวัดอุณหภูมิทั้งภายนอก และ ภายในจะเห็นได้ว่า อากาศภายนอกจะเย็นกว่าอากาศภายในอยู่พอสมควรซึ่งจะเย็นกว่าภายในอาคาร6-9 องศาเซลเซียส (Mechanical Magazine. 2522)

นอกจากนี้แล้วสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้อุณหภูมิของกระแสลมก่อนที่จะไหลเข้าสู่อาคาร โดยให้พัดผ่านน้ำ ต้นไม้ใหญ่ สนามหญ้า ฯลฯ ซึ่งจากการศึกษาสามารถลดอุณหภูมิลงได้ถึง 3 องศาเซลเซียส (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2546 : 34)

จากการศึกษาสภาพโดยทั่วไปของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์นั้นพบว่าแผนกที่มีการใช้ความร้อนในขบวนการผลิตนั้นมีอุณหภูมิที่สูงที่สุดโดยเฉลี่ยประมาณ 33-39.90 องศาเซลเซียส ทำให้ภายในโรงงานอุตสาหกรรมเกิดความร้อนสะสมภายใน โดยแสดงผลในกราฟดังนี้ อุณหภูมิภายนอกโรงงานวัดได้ 30 องศาเซลเซียส (ทำการเก็บข้อมูล เมื่อวันศุกร์ที่ 6 สิงหาคม 2547 เวลา 11.30นาฬิกา โดยจะมีรายละเอียดต่างๆ เช่น ตำแหน่งเครื่องจักร อุณหภูมิที่วัดตามจุดต่างๆ โดยจะแสดงใน ภาคผนวก)



แผนก	ปั๊มขึ้นรูป	ตัดเหล็ก	ปั๊มหัวน็อต	ห้องช่าง	รีดเกลียว,ทุบ	ปั๊มเย็น
บริเวณรอบๆ	35.73	32.18	32.90	34.04	33.44	34.80
ตำแหน่งพนักงาน	39.45	34.50	39.90	33.80	33.46	32.32
ตำแหน่งเครื่องจักร	38.85	33.30	36.00	33.70	33.29	33.30

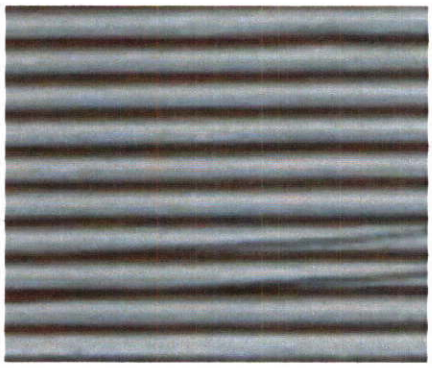
กราฟที่ 1.1 แสดงอุณหภูมิตามแผนกต่างๆ

จะเห็นได้ว่าภายในโรงงานอุตสาหกรรมน็อตสกรู นั้นจะมีความร้อนเกิดขึ้นตามแผนกต่างๆ โดยถ้ามีการเผาเหล็กด้วยไฟ จะทำให้มีความร้อนสะสมภายในโรงงาน จากการที่โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆได้มีการออกแบบที่มีลักษณะคล้ายกันนั้น แต่ไม่ได้มีการคำนึงถึงลักษณะของงาน ขบวนการผลิต และอื่นๆ ทำให้ภายในโรงงานอุตสาหกรรมนอตไม่สามารถระบายความร้อนออกได้ดี และเกิดความร้อนที่เกิดจากขบวนการผลิตสะสมอยู่ภายในโรงงานทำให้แผนกข้างเคียงนั้นได้รับความร้อนไปด้วย

จากการศึกษาถึงช่องระบายอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์จะให้ความสำคัญของการไหลของกระแสลมเข้า และ ออก ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับให้ผู้ออกแบบอาคารโรงงานใหม่ได้เลือกใช้ช่องระบายอากาศสำหรับโรงงานได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นได้

จากการศึกษาโครงสร้างของโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปในส่วนของช่องระบายอากาศโดยมากจะใช้วัสดุ 2 ประเภทดังนี้

1. ช่องเกล็ดกระเบื้อง (Louver)



ภาพที่ 1.1 ภาพเกล็ดกระเบื้องโรงงานอุตสาหกรรม (Louver)

ข้อดี คือ น้ำหนักเบา ติดตั้งได้สะดวก และ รวดเร็ว ป้องกันฝน และ หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด ข้อเสีย คือ ราคาสูง และ ไม่ทนต่อแดดเมื่อใช้ในระยะยาว

2. บล็อกช่องลมชนิดกันฝน แบบลิ้นคู่ และ บล็อกช่องลมชนิดกันฝน แบบทแยง 4 ช่อง

ภาพที่ 1.2 ภาพบล็อกช่องลมชนิดกันฝนแบบลิ้นคู่ และ แบบแยง 4 ช่อง

ข้อดี คือ ป้องกันฝน หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด ราคาถูก และ ทนต่อแดด และ ฝนได้ในระยะยาว ข้อเสีย คือ น้ำหนักมาก และ ติดตั้งได้ช้า

ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเลือกใช้วัสดุทั้ง 2 ประเภทเพื่อหาว่าชนิดไหนที่ส่งผลให้เกิดการไหลเวียนอากาศได้ดี คือสภาวะความสบายด้านอุณหภูมิโดยลมสามารถเข้ามาภายในได้มากที่สุด เพื่อก่อให้เกิดลมที่พัดผ่านพนักงานขณะที่ทำงาน ก่อให้เกิด สภาวะความสบายด้านอุณหภูมิ และความร้อนสามารถกระจายออกไปภายนอกได้ ซึ่งสามารถทำให้เกิดความเย็นภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ได้

1.2 สรุปประเด็นปัญหา

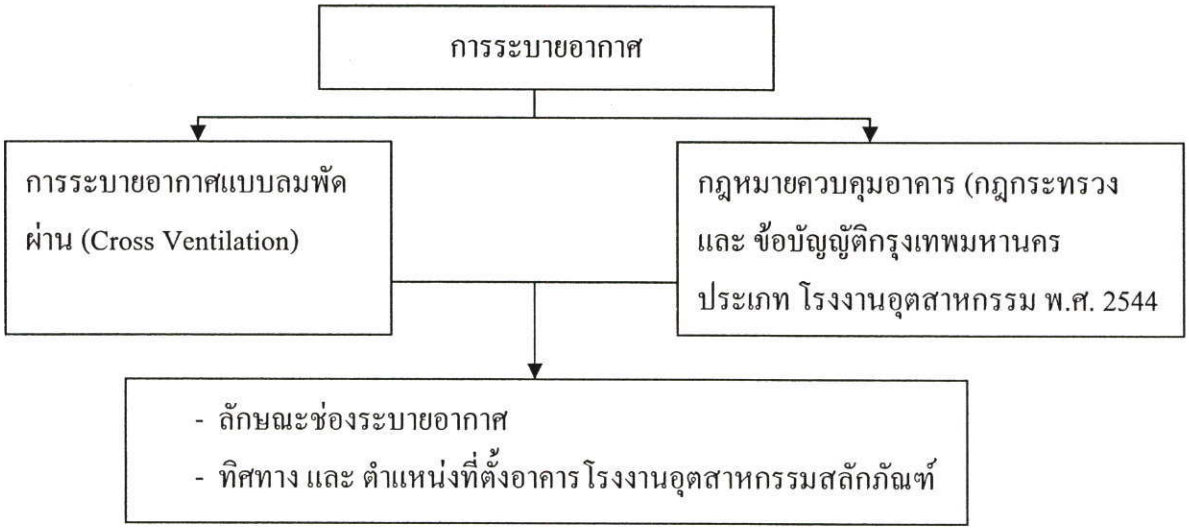
โรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปมีลักษณะการออกแบบที่คล้ายกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปิดช่องระบายอากาศที่สูงกว่าพื้นที่ปฏิบัติงาน ทำให้กระแสลมไม่สามารถไหลเวียนภายในโรงงานอุตสาหกรรมได้ดี โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ความร้อนในขบวนการผลิต เช่น โรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ เป็นต้น ทำให้เกิดความร้อนสะสมภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์นั้นได้ ดังนั้น การที่ทำให้กระแสลมไหลเวียนได้ดีนั้นต้องทำการเปิดช่องระบายอากาศให้มาก โดยเฉพาะบริเวณส่วนของผนังเพื่อให้กระแสลมนำความร้อนออกไปได้มากที่สุด

1.3 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ การจัดผัง (Zoning) ประเภทของเครื่องจักร และ การวางเครื่องจักรตามสายงานการผลิต
2. ศึกษาระดับอุณหภูมิ อัตราเร็วลม ลักษณะช่องระบายอากาศ ทิศทางตำแหน่งที่ตั้งอาคารเพื่อนำกระแสลมเข้ามาภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ที่มีการใช้ความร้อนในขบวนการผลิต
3. เพื่อเสนอแนะแนวทางการออกแบบการระบายอากาศของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ที่ใช้ความร้อนในกระบวนการผลิต โดยการนำกระแสลมให้ไหลเข้ามาภายในโรงงานได้มากที่สุด

1.4 การเชื่องโยงกรอบวัตถุประสงค์

การวิจัยนี้เป็นการคำนึงถึงการไหลของอากาศ โดยผ่านช่องระบายอากาศเพื่อให้เกิดการไหลเวียนอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



กราฟที่ 1.2 กรอบวัตถุประสงค์

1.5 คำถามการวิจัย

1. ลักษณะช่องระบายอากาศแบบใดที่ทำให้กระแสลมไหลเข้า และ ออกได้ภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ที่ใช้ความร้อนในขบวนการผลิตได้ดีที่สุด

2. ทิศทางการหันของอาคารทิศทางใดที่ทำให้กระแสลมเข้ามาภายในอุตสาหกรรมได้มากที่สุด

1.6 สมมติฐานการวิจัย

1. การเปิดช่องระบายอากาศระดับพนักงานยืนปฏิบัติงานภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์จะสามารถทำให้เกิดการไหลเวียนอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ได้ และช่วยระบายความร้อนในบริเวณปฏิบัติงาน

2. การเปิดช่องระบายอากาศบนผนังโดยให้ด้านที่กระแสลมเข้าแคบกว่าด้านที่กระแสลมออกจะทำให้กระแสลมเข้าไหลเวียนภายในอาคารได้

3. การระบายอากาศโดยใช้กระแสลมแบบ Cross Ventilationจะสามารถพัดเอาความร้อนที่เกิดจากขบวนการผลิต และ ภายในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นออกไปได้

1.7 ขอบเขตการวิจัย

1. เป็นการศึกษาเชิงทดลองในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ เพื่อเข้าใจว่าช่องระบายอากาศที่ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปในปัจจุบันนั้นแบบไหนจะทำให้ลมไหลเวียนเข้าและออกได้ดีที่สุด

2. เกิดตัวแปรที่ควบคุม คือ ลักษณะอาคารโรงงานอุตสาหกรรม ขบวนการผลิต ช่องระบายอากาศบนผนัง และ บนหลังคา ลักษณะเสื้อผ้าขณะสวมใส่ในการทำงาน อัตราเร็วลมเฉลี่ยของกรุงเทพมหานคร และ ระดับช่องเปิดช่องระบายอากาศที่ระดับพนักงานยืนทำงาน

1.8 นิยามศัพท์

1. โรงงาน หมายถึง สถานที่ซึ่งรวมเอาปัจจัยการผลิต (Input) เข้าด้วยกันเพื่อทำให้เกิดผลผลิต (Output) ที่อยู่ในรูปผลิตภัณฑ์ (Product) หรือบริการ (Sevices) ปัจจัยการผลิต ได้แก่ วัตถุดิบ คน เครื่องจักร อุปกรณ์ ตลอดจนสิ่งสนับสนุนและอำนาจความสะดวกในการผลิต (สมศักดิ์ ตรีสัตย์. 2537)

2. ผังบริเวณ หมายถึง แผนที่แสดงลักษณะที่ตั้ง และขอบเขตที่ดิน และ อาคารก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้ หรือเปลี่ยนการใช้ รวมทั้งแสดงลักษณะและขอบเขตของที่สาธารณะและอาคารในบริเวณที่ดินที่ติดต่อโดยสังเขปด้วย

3. พื้นที่อาคาร หมายถึง พื้นที่ของพื้นของอาคารทุกชั้นที่บุคคลเข้าอย่ หรือ เข้าใช้สอยภายในขอบเขตด้านนอกของคาน หรือภายในพื้นที่นั้น หรือภายในขอบเขตด้านนอกของผนังของอาคาร และ หมายความรวมถึงเฉลียง หรือ ระเบียงด้วย

4. ผนัง หมายถึง ส่วนก่อสร้างในด้านตั้งซึ่งกั้นด้านนอก หรือระหว่างหน่วยของอาคารให้เป็นหลัง หรือหน่วยแยกออกจากกัน

5. การระบายอากาศ (Venilation) หมายถึง เป็นการระบายอากาศเสียให้ออกจากห้อง ฯลฯ และ รับอากาศดีเข้าไปแทนที่ (พจนานุกรมช่าง. 2541 : 593)

6. สกรู (Screw) ตะปูควง หมายถึง เป็นโลหะ หรือไม้ลำตัวกลม และเป็นเกลียว หัวรูปต่างๆ กันใช้สำหรับตรึงยึดส่วนหนึ่งให้ติดกับอีกส่วนหนึ่ง ฯลฯ (พจนานุกรมช่าง. 2541 : 455)

7. โบ๊ลท์ (Bolt) สลักเกลียว หมายถึง เหล็กกลมทำทำด้วยเหล็กกล้าหรือเหล็กเหนียวข้างหนึ่งมีหัวเป็นรูปหกเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยม อีกข้างหนึ่งเป็นเกลียวตลอด มีแป้นเกลียวรูปหกเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยม หมุนสวมเกลียวของสลักนี้ได้ ใช้สำหรับยึดเครื่องจักรหรือก่อสร้างต่างๆ การใช้ยึดสลักเกลียวนี้มีประโยชน์ในการถอนหรือใส่ได้ง่าย (พจนานุกรมช่าง. 2541 : 59)

8. นัท (Nut) แป้นเกลียว หมายถึง ชิ้นที่มีรูกลางทำเกลียวภายใน ใช้สวมขันกับสลักเกลียวตามธรรมดารูปเป็นจตุรัส หรือ 6เหลี่ยมเพื่อให้ประแจจับหมุนได้ง่าย (พจนานุกรมช่าง. 2541 : 346)

9. สตั๊ด (Stud) สลักเกลียว 2 ปลาย หมายถึง เป็นเหล็กท่อนกลมมีเกลียวทั้ง 2 ปลาย ดังที่แสดงอยู่ในรูป ใช้แทนสลักเกลียวธรรมดา ในกรณีที่สลักเกลียวธรรมดาใช้ไม่ได้เช่นเมื่อเวลาตรึงฝาให้ติดกับปีกของหม้อ (พจนานุกรมช่าง. 2541 : 529)

10. แท็ป (Tap) ดอกกัดเกลียวใน(เครื่องกลไก) หมายถึง เป็นเครื่องมือที่ใช้ทำเกลียวภายในรู นอกจากจะเป็นขนาดเล็กๆ แล้ว ตามธรรมดา ดอกกัดเกลียวมี 3 ดอกด้วยกัน เรียกว่าสำรับหนึ่ง ดอกแรก เรียกว่า ดอกนำ (Taper Tap) ดอกที่สอง เรียกว่า ดอกกลาง (Second Tap) กับดอกที่สาม เรียกว่า ดอกสนิท (Plug Tap) ดอกกัดเกลียวเหล่านี้ใช้หมุนด้วยด้าม (Tap Wrench) และ การหมุนใช้มือหมุนใช้ดอกนำลงไปก่อน และ ดอกสนิทเป็นดอกสุดท้าย ดอกกัดเกลียวนี้อาจจะใช้เครื่องสว่านช่วยหมุนได้ (พจนานุกรมช่าง. 2541 : 541)

11. กลึง หมายถึงให้กลม หรือเป็นรูปต่างๆ ด้วยเครื่องหมุน (พจนานุกรมภาษาไทย. 2525 : 62)

12. ตอก หมายถึง เอาค้อน หรือสิ่งอื่นตีตะปู หรือ ผลักเป็นต้นให้เข้าไป (พจนานุกรมภาษาไทย. 2525 : 323)

13. เกลียว หมายถึง สิ่งที่มีลักษณะเป็นรอยพัน หรือ ปิด โดยรอยต่อเนื่องอย่างสว่าน หรือตะปูควง หรือเชือกที่ฟั่น เป็นต้น (พจนานุกรมภาษาไทย. 2525 : 110)

14. เหล็กเส้น หมายถึง เหล็กที่ทำเป็นเส้นมักมีลักษณะกลม (พจนานุกรมภาษาไทย. 2525 : 862)

15. เหลา หมายถึง ทำให้เกลี้ยงเกลา หรือ ให้แหลมด้วยเครื่องมือมีมีด เป็นต้น (พจนานุกรมภาษาไทย. 2525 : 862)

16. เชื่อม หมายถึง ทำให้ตัดเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น เชื่อมเหล็กทำให้ประสานกัน (พจนานุกรมภาษาไทย. 2525 : 275)

17. ปาด หมายถึง เอาส่วนที่ไม่ต้องการออกโดยวิธีฝานบางๆ หรือ กวาดออก (พจนานุกรมภาษาไทย. 2525 : 525)

18. เครื่องจักร หมายถึง กลอุปกรณ์ต่างๆที่ประกอบกันขึ้นเป็นเครื่องเพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตสิ่งใดสิ่งหนึ่ง (พจนานุกรมภาษาไทย. 2525 : 192)

19. ซิงค์ (Zinc) สังกะสี หมายถึง เป็นโลหะแท้ชนิดหนึ่ง มีสีเทาแก่เป็นเงาใช้มากในงานช่างต่างๆ (พจนานุกรมช่าง. 2541 : 629)

20. การถ่ายเทอากาศโดยให้ลมผ่าน (Cross Ventilation) หมายถึง เป็นการถ่ายเทอากาศโดยให้ลมพัดผ่านจากช่องทางเข้าด้านที่มีความกดอากาศสูงไปสู่ช่องทางออกด้านที่มีความกดอากาศต่ำและถ้าวางตำแหน่งช่องเปิดทางเข้าและทางออกอยู่ตรงข้ามกันจะทำให้ปริมาณอากาศไหลผ่านมากสุด เป็นการระบายอากาศโดยการใช้ความดันของลมช่วยให้เกิดการไหลของอากาศ ซึ่งเป็นวิธีช่วยให้เกิดการระบายอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

21. ความชื้นสัมพันธ์ หมายถึง ค่าเปรียบเทียบ สัดส่วนเป็นร้อยละของความชื้นในอากาศ (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543)

22. อุณหภูมิของอากาศ หมายถึง อุณหภูมิของอากาศที่วัดได้จาก Thermometer (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543)

23. ความเร็ว หมายถึง อัตราการเคลื่อนที่ของวัตถุต่อ 1 หน่วยเวลา โดยระบุทิศทางของการเคลื่อนที่ (พจนานุกรมภาษาไทย. 2525 : 174)

24. เขตสภาวะน่าสบาย หมายถึง ขอบเขตของสภาพอากาศในช่วงระยะที่ทำให้ร่างกายมนุษย์อยู่ในสภาวะน่าสบาย

25. สภาวะน่าสบาย หมายถึง สภาวะที่ร่างกายไม่รู้สึกร้อนหรือหนาวจนเกินไป โดยมีตัวแปรด้านสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องดังนี้ อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) , ความชื้นสัมพันธ์ (Humidity-%Rh) , อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบที่เกิดจากการแผ่รังสี (Mean Radiant Tempurature), ความเร็วลม (Air Velocity), ชนิดของเสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo) , ระดับกิจกรรมที่ออกกำลัง (Met) และ อื่นๆ (แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง และ ฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. 2548 : ก)

1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงอัตราเร็วลม อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

2. ทำให้ทราบถึงชนิดของวัสดุช่องระบายอากาศที่หาได้ในปัจจุบัน เพื่อให้อากาศสามารถไหลเข้า และ ออกภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี

3. ทำให้ทราบถึงทิศทางของกระแสลมที่พัดเข้า และออกโดยนำความร้อนออกภายนอกโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ได้

1.10 สรุปส่วนที่จะทำการศึกษาในบทต่อไป

จากการที่กล่าวมาแล้วนั้น ผู้วิจัยต้องทำการศึกษาเรื่องต่างๆมากมายเพื่อนำมาประกอบและตอบคำถามจากบทที่ 1 ได้ ดังนั้นผู้วิจัยเองต้องทำการศึกษาถึงเรื่องสภาวะความสบายเชิงความร้อน ทฤษฎีลม ศึกษารูปร่างและลักษณะอาคารสถาปัตยกรรม ชนิดของช่องระบายอากาศที่ใช้ในปัจจุบัน ศึกษาการจัดผังโรงงานโดยจะเป็นไปตามขบวนการผลิต และ เกณฑ์การออกแบบโรงงานอุตสาหกรรมตามกฎกระทรวง โดยหัวข้อต่างๆ นี้จะทำการศึกษาในบทต่อไป

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

เนื้อหาของบทที่ 2 นี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งกล่าวถึงแนวความคิด และ ทฤษฎี ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

2.1 การศึกษาสภาวะความสบายเชิงความร้อน เพื่อทราบถึงปัจจัยสำหรับความสบายเชิงความร้อน องค์ประกอบของความรู้สึกสบายเชิงความร้อนระหว่างมนุษย์ กับสภาพแวดล้อม เขตสภาวะน่าสบาย และค่าความสบาย

2.2 การศึกษาทฤษฎีลม เพื่อทราบถึง การระบายอากาศ หลักการเคลื่อนที่ของอากาศ การระบายอากาศตามธรรมชาติ ลักษณะการไหลของอากาศ คุณสมบัติการไหลของอากาศ รูปแบบการถ่ายเทอากาศแบบธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรม หลักการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติแบบลมพัดผ่าน อัตราเร็วลม ทิศทางและความเร็วลมในชานเมืองกรุงเทพมหานคร และการระบายอากาศเพื่อความสบาย

2.3 การศึกษารูปร่าง และลักษณะอาคารสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับลักษณะภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์กับทิศทางลม กระแสลม เพื่อรู้ถึงลักษณะอาคารที่ใช้ในการวิจัย

2.4 การศึกษาหลักการพิจารณาการเลือกใช้การถ่ายเทอากาศแบบธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อทราบข้อกำหนดที่ควรใช้ หรือไม่ควรในโรงงานอุตสาหกรรม

2.5 การศึกษาหลักการพิจารณาการออกแบบช่องเปิดโรงงานอุตสาหกรรม ประเภทช่องเปิดอากาศ หลักการออกแบบช่องเปิดอากาศเบื้องต้น เช่น ขนาด และจำนวนช่องเปิด ทิศทางลม การตำแหน่งช่องเปิด ชนิดของช่องระบายอากาศกับผลของกระแสลมที่เข้าภายในห้อง และสิ่งที่ควรใช้ในการวิจัยครั้งนี้

2.6 การศึกษาการลดความร้อนที่ผ่านกรอบอาคาร เพื่อทราบถึงลักษณะอาคารที่ใชในการวิจัย ทิศทาง และสภาพแวดล้อมรวมถึงวัสดุที่ควรจะใช้ในการสร้างอาคารโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเป็นการลดความร้อนในการสะสมผนังอาคาร และช่วยการระบายความร้อนออก

2.7 การศึกษาการวางผังโรงงานอุตสาหกรรม ขนาดโรงงาน การออกแบบอาคารโรงงานและโครงสร้าง สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบโรงงานและโครงสร้างต่างๆ กิจกรรมกับความต้องการที่ควบคู่ เพื่อทราบถึงลักษณะอาคาร และ การวางแปลนเพื่อไม่ให้ขบวนการผลิตเสีย

2.8 การศึกษาเกณฑ์ในการออกแบบอาคารโรงงานอุตสาหกรรม (กฎกระทรวง) เพื่อทราบถึงข้อห้าม และสิ่งต่างๆที่ควรปฏิบัติก่อนที่จะมีการออกแบบและถูกต้องตามกฎหมาย

2.9 สรุปวิธีวิจัยที่ใช้ในการทำการทดลองในการหากระแสลม และความเร็วลม

2.10 สรุปวิธีวิจัยที่ใช้ในการทดลองในการหาทิศทางกระแสลม และ ความเร็วที่ผ่านมา เช่นการทดลองด้วยโต๊ะน้ำ และ เทคนิคอุโมงลม เป็นต้น

2.11 ตัวอย่างของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

2.12 สรุปส่วนที่ทำการศึกษาในบทต่อไป

2.1 สภาวะความสบายเชิงความร้อน

สภาวะน่าสบายเชิงความร้อน คือ ภาวะของความรู้สึกที่พึงพอใจกับอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมนั้นๆ โดยมีองค์ประกอบต่างๆดังต่อไปนี้ (กฤษฎา อินทรสถิตย์. 2544) ดังนั้นปัจจัยที่ทำให้เกิดสภาวะน่าสบายจะแบ่งได้ดังต่อไปนี้

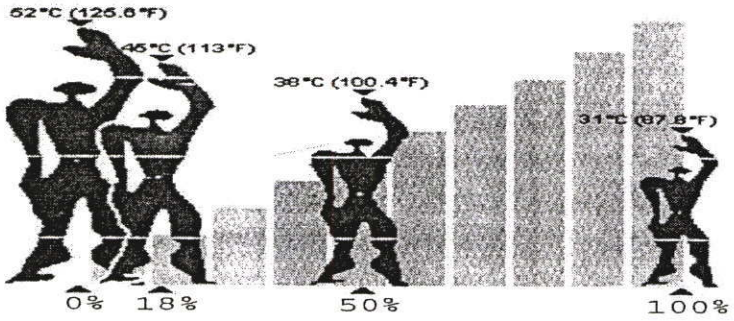
2.1.1 องค์ประกอบของความรู้สึกสบายเชิงความร้อนระหว่างมนุษย์กับสภาพแวดล้อม

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อภาวะความสบาย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม และมีปัจจัยย่อยหลักอยู่เป็น 6 ปัจจัย ได้แก่ (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543)

กลุ่มที่ 1 กลุ่มปัจจัยทางสภาพที่มีผลต่อสภาพแวดล้อม

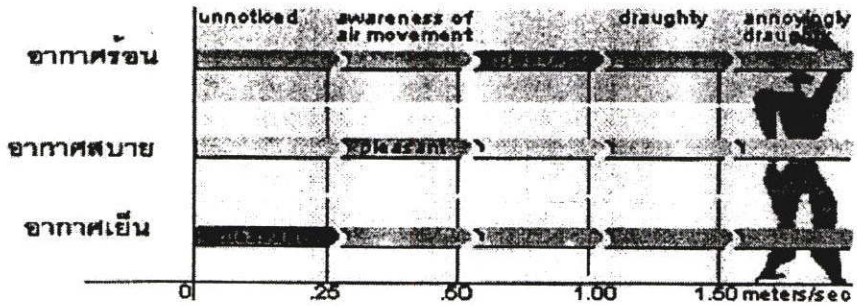
- อุณหภูมิของอากาศ (Ambient Air Temperature) หมายถึง อุณหภูมิของอากาศที่วัดได้จาก Thermometer (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543) ชี้วัดโดย อุณหภูมิกระเปาะแห้ง หมายถึง อุณหภูมิของอากาศแวดล้อมรอบๆตัวเรา ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลมากที่สุด เนื่องจากร่างกายมนุษย์จะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศรอบๆ ตัวเป็นหลัก

- ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) หมายถึง ค่าเปรียบเทียบ สัดส่วน เป็นร้อยละของความชื้นในอากาศ (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543) ชี้วัดโดย ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ไม่สำคัญเท่ากับปัจจัยด้านอุณหภูมิของอากาศ เพราะมีผลกระทบกับความรู้สึกความสบายไม่มาก นอกจากว่ามีความชื้นสัมพัทธ์ที่สูง หรือต่ำมากๆ ความชื้นสัมพัทธ์นั้นยังชี้ให้เห็นถึงความสามารถในการระเหยได้ง่ายในบรรยากาศที่มีความชื้นต่ำ ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงการระเหยของเหงื่อเป็นส่วนสำคัญในการระบายความร้อนของร่างกาย ซึ่งถ้าความชื้นสัมพันธ์สูงถึง 100% หมายถึง อากาศไม่สามารถรับไอน้ำหรือเหงื่อที่ต้องการระเหยได้อีกเลย



ภาพที่ 2.1 ความอดทนของร่างกายต่อการแปรผันของอุณหภูมิ และความชื้น
ที่มา : (ผศ.กฤษฎา อินทรสถิตย์. 2544)

- ความเร็วลม (Wind Speed) ชี้วัดโดยความเร็วลม เป็นความเร็วลมที่พัดผ่านผู้อยู่อาศัยโดยลมที่พัดผ่านจะพาความร้อนรอบตัวออกไปทำให้รู้สึกเย็น นอกจากนั้นยังพัดพาเอาความชื้นบริเวณผิวร่างกายซึ่งจะช่วยให้การระเหยของเหงื่อดีขึ้น ความเร็วลมที่เหมาะสมเป็นสิ่งที่จำเป็นในการสร้างสภาวะน่าสบาย หากความเร็วลมน้อยเกินไปจะทำให้ผู้อยู่อาศัยเกิดความรู้สึกอึดอัดไม่มีอากาศถ่ายเท แต่ถ้ามากเกินไปจะทำให้รู้สึกรำคาญ หรือรู้สึกว่าถูกรบกวนได้ (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543) นอกจากนี้ความเร็วลมยังทำเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ คือ ช่วยเพิ่มการพาความร้อนออกไปจากผิวหนัง โดยมีข้อแม้อยู่ว่า อุณหภูมิของอากาศที่ไหลผ่านผิวหนังนั้นต้องมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวหนัง และ ความเร็วลมที่เพิ่มทุกๆ 15 ฟุตต่อนาทีที่ระดับเหนืออัตรา 30 ฟุตต่อนาทีนั้นจะส่งผลทำให้เกิดความรู้สึกอุณหภูมิลดลง 1 องศาเซลเซียส (Vaughn Bradshaw. 1993) และการที่ช่วยให้เหงื่อหรือไอน้ำระเหยได้ง่ายขึ้น โดยคนจะรู้สึกดีเมื่อมีความชื้นอยู่ที่ระดับปานกลาง (40-50%)



ภาพที่ 2.2 ความเปลี่ยนแปลงของระดับความสบายเมื่อมีลมพัดผ่านในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกัน
ที่มา : (ผศ.กฤษฎา อินทรสถิตย์. 2544)

- อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature, MRT) หมายถึงค่าถ่วงเฉลี่ยของรังสีความร้อนที่มีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมนั้นๆ ซึ่งรวมถึงแสงแดดโดยตรงด้วย MRT สามารถคำนวณจากอุณหภูมิพื้นผิวของด้านต่างๆในห้องและตำแหน่งที่วัด MRT นั้นใช้มุมกระทำ (Solid Angle) ที่เกิดขึ้นระหว่างตำแหน่งที่วัด และขอบเขตของแต่ละพื้นที่ผิวโดยหาค่าเฉลี่ยออกมาเป็น MRT (สุนทร บุญญาธิการ และ ธนิต จินดาวณิค. 2536)

กลุ่มที่ 2 กลุ่มปัจจัยด้านตัวมนุษย์เอง

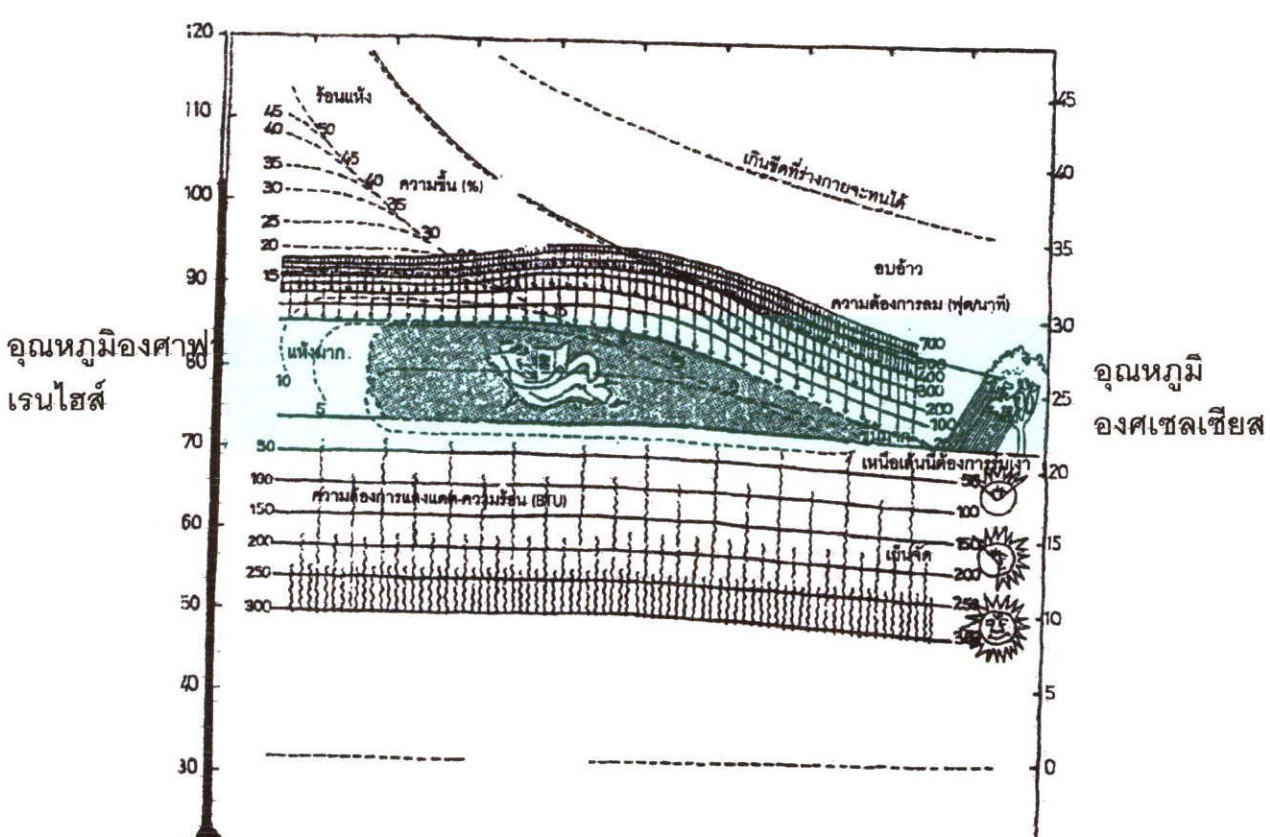
- กิจกรรมที่ทำ ร่างกายจะมีการผลิตความร้อนในขณะที่มีการเคลื่อนไหวมากกว่าอยู่นิ่งๆ ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย

สรุปได้ว่า ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิของอากาศนั้นมีส่วนที่ทำให้มีการไหลเวียนอากาศ และมีผลทำให้เกิดสภาวะน่าสบายเชิงความร้อน ส่วนการใส่เสื้อผ้าขณะทำงานนั้น ผ้าหนา ก็จะทำให้สูญเสียพลังงานนั้นมากกว่าผู้ที่ใส่เสื้อผ้าบาง

2.1.2 เขตสภาวะน่าสบายของประเทศไทย

เขตสภาวะน่าสบาย คือ ขอบเขตของสภาพอากาศในช่วงระยะที่ทำให้ร่างกายมนุษย์อยู่ในสภาวะสบาย ซึ่งสภาวะที่สบายนี้ หมายถึงสภาวะที่อากาศมีอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลม ในอากาศที่พอเหมาะกับการที่ทำให้ร่างกายมนุษย์รู้สบายไม่ร้อน หรือหนาวเกินไป (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543)

ขอบเขตความสบายของประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น (Hot-Humid Climate) ที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง โดย The Center for Tropical and Near Architecture, Pratt Institute, Brooklyn, N.Y. 2510-2511 ได้สร้างขึ้นสำหรับคนที่อยู่ในเขตร้อนชื้นที่เส้นรุ้ง 13 องศาเหนือ ซึ่งมีช่วงความสบายของอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22-29 องศาเซลเซียส และ ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20-75 เปอร์เซนต์



(ค้นพบโดย : The Center for Tropical and Near Eastern Architecture, Pratt Institute, Brooklyn, and N.Y.1967-1968)

ภาพที่ 2.3 แผนภูมิภูมิอากาศแสดงเขตความสบายสำหรับกรุงเทพฯ

ขอบเขตความสบายที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น (Hot-Humid Climate) ที่ตั้งอยู่ที่พิกัดภูมิศาสตร์ ระหว่างระดิจูดที่ 5 องศา 27 ลิปดา ถึง 20 องศา 27 ลิปดา องศาเหนือ และลองติจูดที่ 97 องศา 21 ลิปดาตะวันออก ถึง 105 องศา 37 ลิปดา ตะวันออก จากการศึกษาของ (Busch. 2535) พบว่าหาปรับค่าขอบเขตสูงสุดความสบายของเขตอบอุ่นที่เส้นรุ้ง 40 องศาเหนือกับกรุงเทพฯซึ่งมีละติจูดที่ 14 องศาเหนือจะทำให้มีค่าเพิ่มมากขึ้น 1.0 เคลวิล ทุกๆ12 องศาละติจูด ดังนั้น จึงทำให้ขอบเขตสูงสุดของความสบายกรุงเทพฯมีค่าเป็น 28.20 องศาเซลเซียส ซึ่งว่าสอดคล้องกับการศึกษาของ (กิจชัย จิตขจรวานิชม. 2542 และ Fanger. 2545)

สรุปได้ว่า ในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยสามารถทำให้เกิดสภาวะน่าสบายได้ โดยอาศัยกระแสลม ดังนั้นการเจาะช่องหน้าต่างให้สัมพันธ์กับทิศทางลมธรรมชาติจะช่วยให้ลมสามารถเข้าสู่อาคารได้มากขึ้น ซึ่งกระแสลมที่เข้าสู่อาคารจะช่วยให้เกิดการไหลเวียนของอากาศทำให้เกิดการระบายอากาศภายในอาคารซึ่งจะช่วยลดความร้อน และความชื้นทำให้เกิดสภาวะสบายแก่ผู้ทำงานนั้นได้

2.2 ทฤษฎีของลม

2.2.1 การระบายอากาศ

การระบายอากาศ (Ventilation) คือ การถ่ายเทเอาอากาศภายในห้องออกไป โดยให้อากาศใหม่ซึ่งสดชื่นมาแทนที่ (ตรึงใจ บูรณสมภพ. 2539) ซึ่งจุดประสงค์ของการระบายอากาศจำแนกออกเป็น 2 อย่าง ดังนี้ (กฤษฎา อินทรสถิตย์. 2544)

1. เพื่อนำความร้อนออกจากอาคาร
2. เพื่อเกิดความเคลื่อนไหวของอากาศภายในอาคาร เพื่อสร้างความเย็นให้กับผู้อยู่อาศัยภายใน

การออกแบบอาคารในเขตร้อนชื้น ถ้าไม่ใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยเช่น พัดลม เครื่องปรับอากาศ ก็ต้องคำนึงถึงการถ่ายเทอากาศตามวิธีธรรมชาติให้ได้มากที่สุด และให้มีลมพัดผ่านเข้ามาในห้องโดยรอบร่างกายผู้ที่อยู่อาศัย เพื่อเพิ่มความสบายให้แก่ร่างกาย ทำให้ได้รับอากาศบริสุทธิ์จากภายในห้อง ช่วยลดความร้อน และ ความชื้น ประเทศในเขตร้อนชื้นนี้ส่วนใหญ่ต้องการลมตลอดปี แม้แต่ประเทศในเขตอบอุ่นก็ต้องการกระแสลมในหน้าร้อนหรือการถ่ายเทอากาศในฤดูอื่นๆ เช่นเดียวกัน การออกแบบช่องเปิดในตัวอาคารจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการที่จะให้ผู้อาศัยได้รับความสบาย (ตรึงใจ บูรณสมภพ. 2539)

นอกจากนี้ กระแสลม และ การระบายอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งของสภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิมีเหตุผล 3 ประการ คือ

1 อากาศที่เคลื่อนไหวจะพัดพาความร้อนที่อยู่รอบๆตัวไป

2 อากาศที่เคลื่อนที่จะพัดพาความชื้น และทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมขึ้น สำหรับร่างกายที่จะระบายความร้อนโดยการระเหยของน้ำด้วยตัวของมันเองในรูปของเหงื่อ

3 อากาศเคลื่อนไหวช่วยไม่ให้เกิดการสะสมของมลภาวะ

จากการทบทวนวรรณกรรมสรุปได้ว่า ในงานวิจัยนี้เป็นการเน้น เรื่องการระบายอากาศผ่านบริเวณส่วนที่ใช้สอย โดยให้ผ่านระดับตัวตามพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารที่มีกิจกรรมเกิดขึ้นเป็นหลัก โดยใช้การเคลื่อนที่ของลมจากความแตกต่างด้านความกดอากาศที่เกิดจากธรรมชาติ เพื่อปรับสภาพอากาศภายในอาคารให้เกิดภาวะความสบายขึ้นและยังทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ด้วยการใช้ประโยชน์จากพลังงานที่มีอยู่ตามธรรมชาติ หรือที่เรียกว่า การทำความเย็นด้วยวิธีธรรมชาติ (Passive Cooling) ต่อมาเป็นการกล่าวถึงหลักการเคลื่อนไที่ของอากาศที่สามารถไหลเข้าภายในอาคารได้ซึ่งจะประกอบด้วยปัจจัยต่างๆดังต่อไปนี้

2.2.2 หลักการเคลื่อนที่ของอากาศ (Natural Cooling Ventilation)

กระแสลมเกิดขึ้นจากการเคลื่อนไหวของอากาศ อันเกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ และความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งคุณสมบัติของลมนั้น จะเคลื่อนที่จากที่ที่มีความกดอากาศสูงไปยังที่ที่มีความกดอากาศต่ำเสมอ และจะเคลื่อนที่เมื่ออากาศที่มีอุณหภูมิลอยตัวขึ้น และ อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าไหลเข้าไปแทนที่

ลักษณะการไหลของลมยังขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ รวมไปถึงสิ่งแวดล้อม เช่น ในกรณีของกระแสลมทีเกิดขึ้นที่กรุงเทพฯ กับชนบทก็จะมีความแตกต่างกันเนื่องจากสิ่งแวดล้อม โดยที่กรุงเทพฯมีอาคารปลูกอยู่ใกล้กัน ทำให้แนวทางการไหลเวียนของกระแสลมจะต่างกับในชนบทที่เป็นทุ่งโล่ง และไม่มีอาคารกีดขวางแนวทิศทางลม

ในกรุงเทพฯ นั้นอาคารปลูกชิดกันมาก อีกทั้งยังมีขนาดและ ความสูงที่ต่างกันทำให้บางครั้งตำแหน่งของอาคารกับช่องเปิด มีข้อจำกัดอย่างมาก ทำให้การไหลของทิศทางกระแสลมมีข้อที่ต้องคำนึง จากสภาพแวดล้อมด้วยและในทั่วทุกภาคของประเทศไทยเอง แต่ละพื้นที่ก็มีภูมิประเทศต่างกัน อันจะส่งผลไปถึงเรื่องลมด้วย โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยจะอยู่ในเขตร้อนชื้น ซึ่งต้องการลมพัดผ่าน แต่ในพื้นที่ตั้งแต่นครราชสีมาขึ้นไป และ ในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้นั้น จะมีภูมิอากาศแบบกึ่งร้อนแห้งแล้ง ทำให้ลมพัดผ่านร่างกายเกิดการแห้งร้อนแสบผิวหนังได้ ดังนั้นพื้นที่นี้ลมที่พัดผ่านจะเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ

ซึ่งจากตัวอย่างที่กล่าวมาแล้วนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้การไหลเวียนของกระแสลมธรรมชาติมีทั้งที่ต้องป้องกันผลกระทบที่เกิดจากลม และ ที่ใช้ประโยชน์จากลม ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาและวิเคราะห์ เพื่อให้การปรับสภาวะความร้อนเย็นของอากาศโดยการใช้การไหลเวียนของกระแสลมในอาคารได้ผลตามที่ต้องการ

2.2.3 การระบายอากาศตามธรรมชาติ (Passive Cooling) นั้นแบ่งออกเป็น 2 อย่าง (โดย N. Lechner. 1991) คือ

1. ความแตกต่างด้านอุณหภูมิ อากาศจะเคลื่อนที่จากที่มีอุณหภูมิต่ำไปสู่อุณหภูมิสูงเสมอ โดยอากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความหนาแน่นน้อยทำให้ลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน อากาศเย็นจะเข้ามาแทนที่

2. ความแตกต่างด้านความกดอากาศ โดยอากาศจะเคลื่อนที่จากกดอากาศสูงไปสู่ความกดอากาศต่ำเสมอ

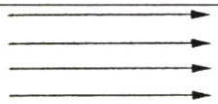
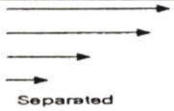
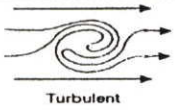
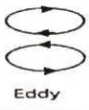
จากการทบทวนวรรณกรรมสรุปได้ว่า หลักการเคลื่อนที่ของอากาศนั้นมีสาเหตุที่แตกต่างกัน คือ การเคลื่อนที่ด้วยความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ และ ยังสามารถเกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศได้อีกด้วยทั้งนี้จะให้ลมนั้นสามารถเข้า และออกได้ดีนั้นต้องขึ้นอยู่กับทิศทางของการวางอาคาร และสภาวะแวดล้อมของที่ตั้งอาคาร คือ รอบๆข้างนั้นไม่มีตัวตึกที่สามารถบัง

ทิศทางของลมนั้นได้ ต่อไปเป็นการกล่าวถึงการไหลของอากาศในรูปแบบต่างๆ ซึ่งจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

2.2.4 ลักษณะการไหลของอากาศ (N.Lechner. 1991)

2.2.4.1 การไหลของอากาศแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ คือ

ตารางที่ 2.1 จำแนกลักษณะการไหลของอากาศ

ลักษณะการไหล	รูปแบบการไหล
1. การไหลแบบตรงๆ กระแสสม่ำเสมอ (Laminar)	
2. การไหลแบบตรงๆแต่ไม่สม่ำเสมอ (Separated)	
3. การไหลแบบกระแสอลวน (Turbulent)	
4. การไหลแบบกระแสวน (Eddy Current)	

ที่มา : (Heating Cooling Lighting : Design Methods for Architects. 1991)

2.2.5 คุณสมบัติการไหลของแต่ละประเภทดังนี้ (N.Lechner. 1991)

1. แรงเฉื่อยของอากาศ ปกติอากาศจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ถ้ามีแรงมากระทำจะเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง ไม่หักมุม

2. ความคงสภาพของอากาศ อากาศไม่มีการถูกสร้าง หรือทำลาย ดังนั้นอากาศที่เข้าสู่อาคารจะเท่ากับอากาศที่ออกนอกอาคาร

3. บริเวณที่มีความกดอากาศสูงและความกดอากาศต่ำ เมื่อมีลมปะทะวัตถุจะมีแรงกดอากาศที่ผนังวัตถุ บริเวณนั้นจะมีค่าความกดบวก ส่วนผนังหลังจะมีค่าความกดอากาศลบ และแรงดึงดูด ส่วนด้านข้างจะมีความกดอากาศเป็นกลางและเป็นลบเกิดเป็นอากาศหมุนวน

ต่อมาเป็นการกล่าวถึงรูปแบบของถ่ายเทอากาศแบบธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจะเป็นทางเลือกของการทดลองโรงงานอุตสาหกรรม (ในกรณีศึกษา)

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.2.6 รูปแบบการถ่ายเทอากาศแบบธรรมชาติในโรงงาน

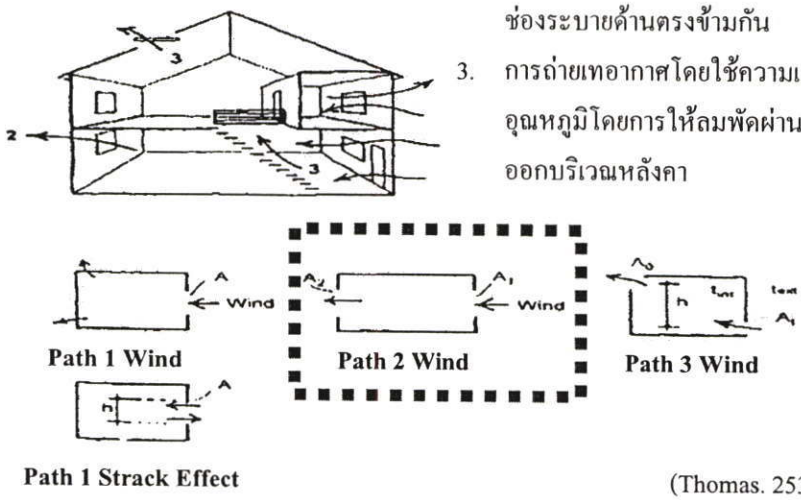
การถ่ายเทอากาศแบบธรรมชาติสามารถแบ่งตามลักษณะการถ่ายเทอากาศซึ่งเกิดการไหลเวียนในอาคารได้เป็น 3 รูปแบบ คือ

2.2.6.1 การถ่ายเทอากาศด้านเดียว (Single Side Ventilation) เป็นการถ่ายเทอากาศโดยการถ่ายเทอากาศจากช่องเปิดเดียวกันหรือช่องเปิดหลายช่องเปิดในผนังเดียวกัน ซึ่งวิธีนี้ความดันลมจะไม่ช่วยให้เกิดการไหลของอากาศหรือเกิดขึ้นน้อยมาก เพราะ ความกดอากาศภายนอก และภายในใกล้เคียงกันโดยความกดอากาศสูงทั้ง 2 ด้าน

2.2.6.2 การถ่ายเทอากาศโดยให้ลมพัดผ่าน (Cross Ventilation) เป็นการถ่ายเทอากาศโดยให้ลมพัดผ่านจากช่องทางเข้าด้านที่มีความกดอากาศสูงไปสู่ช่องทางออกด้านที่มีความกดอากาศต่ำและถ้าวางตำแหน่งช่องเปิดทางเข้าและทางออกอยู่ตรงข้ามกันจะทำให้ปริมาณอากาศไหลผ่านมากสุด เป็นการระบายอากาศโดยการใช้ความดันของลมช่วยให้เกิดการไหลของอากาศ ซึ่งเป็นวิธีช่วยให้เกิดการระบายอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

2.2.6.3 การถ่ายเทอากาศโดยใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิ (Stack Ventilation) เป็นการถ่ายเทอากาศที่เหมาะสมกับพื้นที่ๆ มีความสูงหรือความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างช่องทางเข้าและทางออกมาก เช่นการระบายอากาศทางปล่อง เพราะ ความแตกต่างของอุณหภูมิทำให้เกิดความกดอากาศที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดการไหลของอากาศโดยอากาศร้อยลอยตัว และอากาศเย็นเข้ามาแทนที่ และในกรณีที่ลมสงบก็สามารถใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิกระตุ้นการเลื่อนไหวของกระแสลมได้

1. การถ่ายเทอากาศ เข้า และ ออกเพียงด้านเดียว
2. การถ่ายเทอากาศโดยให้ลมพัดผ่านโดยการเปิดช่องระบายด้านตรงข้ามกัน
3. การถ่ายเทอากาศโดยใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิโดยการให้ลมพัดผ่านทางประตูและไหลออกบริเวณหลังคา



(Thomas. 2539)

ภาพที่ 2.4 รูปแบบการถ่ายเทอากาศธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรม

69050

จากการทบทวนวรรณกรรมสรุปได้ว่า ส่วนวิธีการใช้การถ่ายเทอากาศนั้นจะใช้แบบลมพัดผ่าน (Cross Ventilation) เพราะ เป็นการระบายอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด และกระแสลมมีการเคลื่อนที่จากความดันสูงไปสู่ความดันที่ต่ำกว่า และ อุณหภูมิที่ต่ำไปสู่อุณหภูมิที่สูงกว่า ส่วนด้านการระบายอากาศนั้นระยะห่างของผนังจะต้องอยู่ห่างกันประมาณ 7เท่าของความสูงอาคารจะทำให้แรงลมที่ได้นั้นเท่ากับแรงลมเริ่มต้น

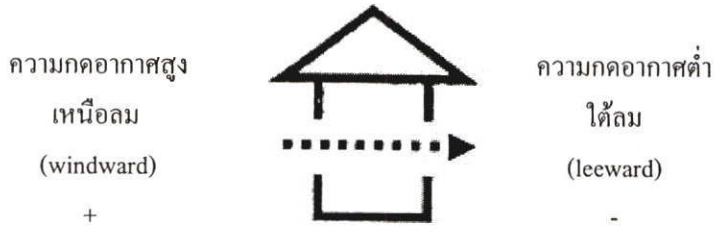
ต่อมาเป็นการกล่าวถึงหลักการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติแบบลมพัดผ่าน เพื่อให้ทราบถึงสาเหตุของการเปิดช่องระบายอากาศเข้า และการเปิดช่องระบายอากาศออก และความสามารถของการระบายอากาศด้วยลมธรรมชาติ

2.2.7 หลักการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติแบบลมพัดผ่าน (Cross Ventilation)

หลังจากได้ทราบถึงทฤษฎีลม หลักการเคลื่อนที่ของอากาศ และคุณสมบัติการไหลของอากาศแล้ว ต่อมาเป็นการศึกษาหลักการของการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติแบบลมพัดผ่าน

การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) เป็นการทำให้เกิดความสบายภายในอาคารแม้ในเขตร้อน ซึ่งขีดความสามารถในการระบายอากาศขึ้นอยู่กับความเร็วลมของที่ตั้งอาคารนั้นๆ และ การออกแบบอาคารให้ลมสามารถพัดทะลุผ่านอาคารได้

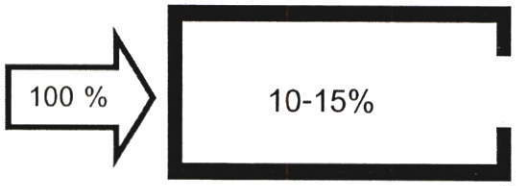
การระบายแบบลมพัดผ่าน เป็นส่วนหนึ่งของการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ โดยการระบายอากาศแบบลมพัดผ่าน นั้นต้องการช่องเปิดลมเข้า และ ช่องเปิดลมออกในแนวเส้นตรงเดียวกันและมีขนาดช่องเปิดที่ใกล้เคียงกัน เพื่อให้ลมทะลุผ่านห้องหรืออาคาร โดยอาศัยหลักการการเคลื่อนที่ด้วยความกดอากาศที่แตกต่างกันระหว่างทางเข้า และทางออก โดยจะไหลจากที่ที่มีความกดอากาศสูงสู่พื้นที่ที่มีความกดอากาศต่ำเสมอ ดังที่จะเห็นภาพที่ 2.5 ดังนี้



ภาพที่ 2.5 แสดงลมทะลุผ่านอาคารโดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่ด้วยความกดอากาศ

การใช้ความเร็วลมแบบลมพัดผ่านนั้นต้องมีผนังด้านหนึ่งที่อยู่ในทิศทางของลม โดยให้ลมเข้าและออกผ่านในทุกห้อง ดังมีผลการวิจัยในประเทศอิสราเอล (Givoni B. 1969) ดังนี้

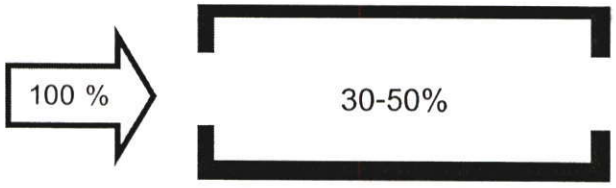
เปิดเพียงด้านเดียวในด้านใต้ลม (Leeward) ค่าเฉลี่ยความเร็วลมภายในห้องต่ำมาก คือ ร้อยละ 10-15 ของความเร็วลมภายนอก ดูภาพที่ 2.6



(Givoni B.1969)

ภาพที่ 2.6 แสดงการเปิดเพียงด้านเดียว คือ ใต้ลม

เปิดพร้อมกันทั้งทางด้านเหนือลม(Windward) และ ด้านใต้ลม (Leeward) ค่าเฉลี่ยความเร็วภายในห้อง คือ 30-50 ของความเร็วลมภายนอก ดูภาพที่ 2.7



(Givoni B.1969)

ภาพที่ 2.7 แสดงการเปิดเพียงด้านเหนือลม และด้านใต้ลม

นอกจากนี้กระแสลมนั้นมีความสำคัญ สามารถช่วยระบายอากาศ และแลกเปลี่ยนการถ่ายเทอากาศได้ซึ่งกระแสลมมีทั้งที่ช่วยนำพาความร้อนออกไปจากอาคาร และอาจนำความร้อนเข้ามาสู่อาคารได้ ดังนั้นในการออกแบบอาคารสำหรับเขตภูมิอากาศร้อนชื้น เช่น ประเทศไทยจึงจำเป็นจะต้องศึกษาทิศทาง และความเร็วของกระแสลม เพื่อมาปรับลดความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารอันจะเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่นำมาปรับสภาวะอากาศภายในอาคาร เช่น การใช้พัดลม หรือ เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น

ปัจจุบันสิ่งแวดล้อมได้รับผลกระทบจากสารที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ ถ้าสามารถใช้ลมจากธรรมชาติอย่างถูกวิธี โดยศึกษาข้อมูลทิศทางกระแสลมที่เกิดขึ้นตลอดทั้งปีได้และรู้วิธีควบคุมทิศทางและควบคุมการไหลของอากาศ ก็จะสามารถนำลมเย็นเข้ามาใช้ได้ดี และสามารถป้องกันลมร้อนที่จะเข้าสู่อาคารได้อีกด้วย

จากการทบทวนวรรณกรรมนั้นพบว่าช่องเปิดอาคารควรให้อาคารนั้นมีทั้งช่องเปิดให้อากาศนั้นเข้า และช่องเปิดออกให้อากาศเน้นระบายออก ซึ่งจะต้องอยู่ตรงกันข้ามกันเพื่อให้เกิดการระบายอากาศภายในอาคารได้ดีที่สุด

2.2.8 อัตราเร็วลม

อัตราเร็วลมนั้นมีอยู่ 2 ประเภท คือ ความเร็วลมพื้นผิว และ ความเร็วลมกับความรู้สึก แต่อัตราเร็วลมกับความรู้สึกนั้นเป็นเกณฑ์ที่จะใช้ในการทำการทดลองซึ่งรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

2.2.8.1 ความเร็วลมพื้นผิว ค่าความเร็วลมพื้นผิวนั้น จะไม่คงที่ และมีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง การวัดความเร็วลม ใช้การกะประมาณเอาจากการเคลื่อนไหวของสิ่งของที่รับลมเข้ามาปะทะ (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543)

2.2.8.2 อัตราเร็วลมกับความรู้สึก เมื่อเกิดการเคลื่อนไหวของอากาศ หรือเกิดการระบายอากาศ ถ้าเป็นจากลักษณะของการพาความร้อน (Convective Ventilation) ก็เป็นการระบายอากาศร้อน แล้วแทนที่ด้วยอากาศเย็น แต่ถ้าเป็นการเกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ หรือที่เรียกว่า ลม ก็จะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของอากาศเกิดการพัดผ่านทำให้อากาศจากที่หนึ่งเข้าแทนที่อากาศอีกที่หนึ่ง ถ้าอากาศเคลื่อนที่นั้นเป็นอากาศเย็นก็ทำให้รู้สึกว่าเย็นมากขึ้น ซึ่งอาจจะมากกว่าขอบเขตของความสบาย โดยความเร็วลมที่ทำให้รู้สึกสบาย ณอุณหภูมิ และ ความชื้นที่กำหนด จะมีสมการดังนี้ (Cowan. 1991)

$$WSc = 30 (DBT - 81 + 1.5 (RH-60)/10) \quad \textbf{(2.1)}$$

โดย WSc = ความเร็วลม มีหน่วยเป็น fpm.
DBT = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
RH = ความชื้นสัมพันธ์

ซึ่งค่าความเร็วลมที่ได้จากสมการนี้ จะต้องไม่เกิน 300 fpm.

ตารางที่ 2.2 แสดงถึงความเร็วลมในอาคารกับสภาวะน่าสบาย

ความเร็วลม	ความเป็นไปได้ของความรู้สึกอุณหภูมิลดลง (ระหว่าง 80-90 องศาฟาเรนไฮส์) ตัวเลขที่มากสนองกับบริเวณที่มีความชื้นสูงขึ้น	ผลที่อาจเกิดขึ้น
0-50 fpm.	ไม่มีความเปลี่ยนแปลงในความรู้สึกน่าสบาย	สามารถสังเกตได้
50-100 fpm.	ต่ำลง 2-3 องศาฟาเรนไฮส์	สบาย
100-200 fpm.	ต่ำลง 4-5 องศาฟาเรนไฮส์	โดยทั่วไปรู้สึกสบายแต่รับรู้ว่ามีการเคลื่อนไหวของอากาศ

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ความเร็วลม	ความเป็นไปได้ของความรู้สึกอุณหภูมิลดลง (ระหว่าง 80-90 องศาฟาเรนไฮส์) ตัวเลขที่มากสนองกับบริเวณที่มีความชื้นสูงขึ้น	ผลที่อาจเกิดขึ้น
200-300 fpm.	ต่ำลง 5-7 องศาฟาเรนไฮส์	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อย จนถึงรู้สึกถูกรบกวนได้
สูงกว่า 300 fpm.	ต่ำลงมากกว่า 5-7 องศาฟาเรนไฮส์	ต้องการแก้ไขที่ถูกต้อง ถ้าจะให้การทำงานมีประสิทธิภาพ และถูกสุขลักษณะ

ที่มา : (Victor Olgyay. 1973)

จากการทบทวนวรรณกรรมสรุปได้ว่า อัตราความเร็วลมที่ทำให้คนนั้นรู้สึกสบายได้จะอยู่ที่ 50-100 fpm. ถ้าอัตราเร็วลมมีค่าอยู่ที่200-300 fpm. จะทำให้มนุษย์นั้นมีความรู้สึกว่าถูกรบกวนได้ แต่ถ้าอยู่ในระดับที่ 0-50fpm.นั้นจะทำให้มนุษย์นั้นอยู่ในภาวะที่ไม่น่าสบายได้ สรุปได้ว่าอุณหภูมิที่อยู่ระหว่าง 27-31 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยประเทศไทยนั้นสามารถใช้ความเร็วลมทำให้รู้สึกสบายได้โดยให้มีความเร็วลมระหว่าง 0.1 เมตร/ วินาทีขึ้นไป

การศึกษาถึงสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นของ Tanabe and Kimura. 1987 พบว่าความรู้สึกถึงความสบายทางภูมิอากาศของคนไทยในเขตนี้ จะต้องมีความเร็ว 0.5 เมตร/ วินาทีขึ้นไป

จากการศึกษาวิจัยหาสภาวะความสบาย สรุปว่า ในแต่ละประเทศพบว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่คนรู้สึกสบายนั้นแตกต่างกันไป เนื่องจากโครงสร้างร่างกาย และ ความเคยชินกับสภาพอากาศนั้นๆ (นุภาพ แย้มไตรพัฒน์. 2541) ดังนั้น ความเร็วลมสามารถช่วยให้คนรู้สึกเย็นลงได้ และอุณหภูมิของประเทศไทยก็ไม่สูงเกินไปที่จะใช้ความเร็วของลมในการสร้างความรู้สึกที่เย็นลงได้

2.2.9 ทิศทางและความเร็วลม ในชานเมืองกรุงเทพมหานคร

ทิศทางและความเร็วลมในชานเมืองกรุงเทพมหานครจากกรมอุตุนิยมวิทยา ระหว่างปี 2534-2543 วัดที่ความสูง 10 เมตร สถานีบางนาสรุปได้ว่า อุณหภูมิเฉลี่ยประจำเดือนอยู่ที่ 26.30 – 30.70 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ 28.70 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเฉลี่ยประจำเดือนอยู่ที่ 0.80-1.60 เมตร/วินาที (สุวิภาดา บุรพกรณ์. 2546)

ส่วนทิศทางลมในเขตกรุงเทพมหานครแบ่งเป็น 3 ฤดู คือ

- ฤดูฝน เริ่มเดือนพฤษภาคม ถึง เดือน ตุลาคม จะได้รับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งนำเอาฝนจำนวนมากจากมหาสมุทรอินเดีย ความร้อนจะไม่เพิ่มมากในฤดูนี้ แต่จะมีความชื้นเพิ่มขึ้นมาก

- ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน ถึงเดือนมกราคม กรุงเทพมหานครจะได้รับลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในระยะนี้มีฝนตกน้อยมาก

- ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนเมษายน ในระยะนี้อุณหภูมิเฉลี่ยค่อนข้างสูงกว่าในฤดูอื่นๆ เนื่องจากส่วนที่กรุงเทพนั้นตั้งอยู่จะเอียงใกล้กับดวงอาทิตย์ส่วนในปลายฤดูซึ่งคาบเกี่ยวกับฤดูฝนอุณหภูมิจะลดต่ำลง หมุนเวียนไปในรอบใหม่

จากตารางที่ 5 เป็นการกล่าวถึงอุณหภูมิเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์ อัตราเร็วลม และทิศทางของลมของปี 1998 ของกรุงเทพมหานคร (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543)

ตารางที่ 2.3 แสดงถึงกระแสลมที่พัดผ่านประจำเดือนของกรุงเทพมหานคร

เดือน (ปี 1998)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซนต์)	ความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที)	ทิศทางลม
มกราคม	29.10	70	1.0	S
กุมภาพันธ์	30.00	76	1.3	S
มีนาคม	30.80	72	1.6	S
เมษายน	31.60	73	1.4	S
พฤษภาคม	31.40	73	1.1	S
มิถุนายน	30.40	73	1.1	S
กรกฎาคม	29.90	76	1.2	S
สิงหาคม	29.20	77	1.1	W
กันยายน	28.40	83	0.8	W
ตุลาคม	29.10	79	1.0	E
พฤศจิกายน	28.10	74	1.1	N
ธันวาคม	27.20	79	1.2	N

ที่มา : (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543)

ตารางที่ 2.4 แสดงถึงอัตราเร็วลมเฉลี่ยของทิศทางต่างๆทั้ง 4ปี (1995-1998) ของกรุงเทพมหานคร

ทิศ	ความเร็วลมเฉลี่ย(เปอร์เซนต์)
ทิศเหนือ	11.44
ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	7.84
ทิศตะวันออก	9.63
ทิศตะวันออกเฉียงใต้	3.58
ทิศใต้	37.44
ทิศตะวันตกเฉียงใต้	11.57
ทิศตะวันตก	14.14
ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	4.36

ที่มา : (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ลักษณะภูมิอากาศ และทิศทางลมของกรุงเทพมหานคร พบว่า ในเดือน มีนาคม-เดือนตุลาคม มีโอกาสอยู่ในสภาวะที่ไม่น่าสบาย ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวนั้น มาลินี ศรีสุวรรณได้ทำการศึกษาทิศทางลมแล้ว พบว่า ส่วนใหญ่ทิศทางลมจะเป็นทิศใต้ โดย ช่วงเวลากลางวันอัตราเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 1.48 เมตรต่อวินาที ซึ่งมากกว่าช่วงเวลากลางคืนซึ่งมี ประมาณ 0.92 เมตร/วินาที ดังนั้นควรที่ทำการออกแบบช่องเปิดลมเข้าทางด้านทิศใต้ โดยมีช่องเปิด ลมออกด้านทิศเหนือ

2.2.10 การระบายอากาศเพื่อความสบาย

จากการเคลื่อนไหวของกระแสอากาศที่พัดผ่านร่างกาย แล้วรู้สึกเย็นสบาย เพราะ เกิดการ พาความร้อนออกจากร่างกาย และยังเกิดการระเหยของเหงื่อทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกับ สภาพแวดล้อม จึงเป็นการสร้างสภาวะน่าสบายด้านอุณหภูมิ คือ ใช้ความเร็วลมทำให้รู้สึกเย็นสบาย และ เย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศ (กฤษฎา อินทรสถิตย์)

จากการศึกษา (Olgyay. 1983) พบว่า เมื่อกระแสลมที่พัดผ่านมีความเร็วเพิ่มขึ้น มนุษย์เรา จะมีความรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศที่วัดจริงได้ ซึ่งความรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศนี้ เพราะ อัตราการระบายความร้อนออกจากผิวกายแปรผันตามความเร็วของกระแสลม กล่าวคือ ถ้ากระแส ลมมีความเร็วสูงขึ้นในร่างกายจะระบายความร้อนจากผิวกายได้เร็วขึ้น จึงทำให้มีความรู้สึกเย็นลง กว่าอุณหภูมิที่วัดได้จริง ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับความรู้สึกเมื่อมีลมพัดผ่าน ผิวกายนี้ (ในที่นี้ เรียกว่า ความรู้สึกเย็นลง) เมื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์โดยใช้สมการ ถดถอย (Regression Analysis) พบว่า

ความรู้สึกเย็นลง (องศาฟาเรนไฮส์) = 0.381 V + 0.016 RH (Olgyay, 1973) **(2.2)**

โดย V = ความเร็วลม (Km/h)

RH = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

จากการวิเคราะห์ สมการข้างต้น พบว่า มีระดับความเชื่อถือได้ (R2) = 0.94 และค่าความผิดพลาดมาตรฐาน (Standard Error ,SE) = 0.457 (สุนทร บุญญาธิการ. 2542) โดยจากสมการนั้นอาจสรุปเคร่าๆได้ว่า มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศจริงประมาณ 0.40 องศาเซลเซียส เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง (สุนทร บุญญาธิการ. 2542)

ความเร็วลมในแต่ละระดับจะมีผลต่อความรู้สึกทั้งทางด้านจิตใจ และสภาวะร่างกายโดยแบ่งระดับออกตามความเร็วลม และสามารถเทียบเคียงกับลักษณะที่อ้างอิงได้ตามตารางที่ 2.5 (Evan. 1980)

ตารางที่ 2.5 ช่วงอัตราเร็วของอากาศภายในกับผลกระทบต่อมนุษย์

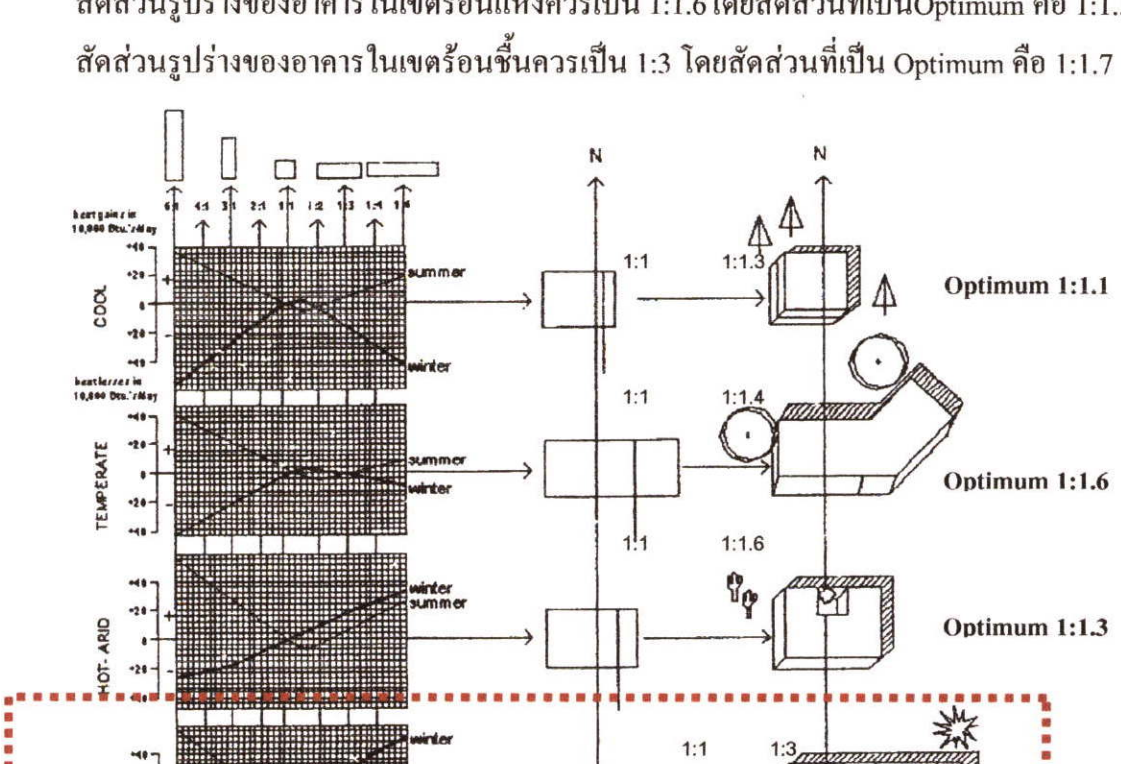
อัตราเร็วลม (เมตร / วินาที)	**ผลกระทบด้านกลไก**	**ผลกระทบต่อมนุษย์**
0.10	น้อยมาก สภาพเหมือนอยู่ที่อยู่อาศัยทั่วไป	อาจจะรู้สึกอบอ้าว
0.25	สังเกตเห็นการเคลื่อนไหวของควันบุหรี่	คนจะไม่รู้สึกว่ามีอากาศเคลื่อนที่ยกเว้นอากาศนั้นเย็น
0.50	เปลวเทียนขยับ	รู้สึกสดชื่น ถ้าอากาศนั้นไม่เย็น หรือร้อนไป แต่ถ้าอากาศเย็นจะรู้สึกหนาวสะท้าน
1.00	กระดาษอาจจะปลิว มีอัตราเร็วของอากาศเท่ากับเวลาเราเดิน	ถ้าอุณหภูมิพอดี หรืออุ่นไปบ้างจะยังรู้สึกดี แต่คนจะรู้สึกว่ามีอากาศผ่านตลอดเวลา โดยไม่ควรมีอัตราเร็วมากกว่านี้ (สำหรับการอยู่อาศัยภายในอาคาร)
1.50	แรงเกินไปกว่า จะทำงานบนโต๊ะได้ กระดาษจะปลิวไปทั่ว	จะรู้สึกหนาวสะท้านแม้อากาศจะมีอุณหภูมิที่สบาย ซึ่งไม่ควรมีอัตราเร็วมากกว่านี้
2.00	อัตราเท่ากับเวลาเราเดินเร็วๆ	ใช้ได้เฉพาะพื้นที่ที่ร้อน และ ชื้นมากๆ โดยที่ไม่มีวิธีช่วยอื่นเลย

2.3 รูปร่าง และสัดส่วนของอาคารสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับลักษณะภูมิอากาศ และสัมพันธ์กับทิศทางลม กระแสลม

ประเทศไทย และพื้นที่ๆอยู่ในเขตร้อนชื้นนั้น ควรให้อาคารเกิดการสูญเสีย ความร้อนในบรรยากาศให้มากที่สุด แม้ในฤดูหนาว (นอกจากในตอนเช้าตรู่ของฤดูหนาว ซึ่งจะเน้นอาคารพักอาศัย ที่จะใช้สอยในช่วงเช้า) โดยต้องคำนึงถึงการออกแบบอาคารให้มีรูปร่างสัดส่วนให้สามารถป้องกันความร้อนจากบรรยากาศ และวางอาคารให้สัมพันธ์กับทิศทางกระแสลมเพื่อให้เกิดการไหลเวียนของกระแสลมให้เกิดการระบายอากาศมากที่สุด

ในการทดสอบเปรียบเทียบขนาด และสัดส่วนของอาคารขนาดเดียวกัน ของ Victor Olgyay, 1969 ในลักษณะภูมิอากาศที่แตกต่างกันในสหรัฐอเมริกา โดยเปรียบเทียบเมือง Minneapolis (เขตอากาศหนาวจัด) , New York (เขตอบอุ่น) , Phoenix (เขตร้อนแห้ง) และ Miami (เขตร้อนชื้น) ได้ผลการทดลองว่า สัดส่วนรูปร่างที่เหมาะสมของอาคารแต่ละสภาวะอากาศควรเป็นดังนี้ (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543)

สัดส่วนรูปร่างของอาคารในเขตหนาวควรเป็น 1:1.3 โดยสัดส่วนที่เป็น Optimum คือ 1:1.1
สัดส่วนรูปร่างของอาคารในเขตอบอุ่นควรเป็น1:1.4 โดยสัดส่วนที่เป็น Optimum คือ 1:1.6
สัดส่วนรูปร่างของอาคารในเขตร้อนแห้งควรเป็น 1:1.6โดยสัดส่วนที่เป็นOptimum คือ 1:1.3
สัดส่วนรูปร่างของอาคารในเขตร้อนชื้นควรเป็น 1:3 โดยสัดส่วนที่เป็น Optimum คือ 1:1.7



ภาพที่ 2.8 เปรียบเทียบขนาด และสัดส่วนของอาคารขนาดเดียวกันในลักษณะภูมิอากาศที่แตกต่างกัน

ที่มา : (Victor Olgyay. 1969)

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ประเทศไทยซึ่งอาศัยอยู่ในเขตร้อนชื้น อาคารทางสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับลักษณะภูมิอากาศมีสัดส่วน รูปร่างของอาคารเป็น 1:3 โดยสัดส่วนที่เป็น Optimum (สัดส่วนที่เหมาะสมที่สุด) คือ 1:1.7 โดยให้อาคารด้านยาวเป็นด้านที่รับกระแสลม

2.4 หลักการพิจารณาเพื่อเลือกใช้การถ่ายเทอากาศแบบธรรมชาติในโรงงาน (Design Manual of Cooling Building by Natural Ventilation. 2529)

การออกแบบโรงงานให้เหมาะสมกับการถ่ายเทอากาศธรรมชาติ โดยตัวโรงงานจะเป็นลักษณะเปิด เพื่อให้ลมผ่านได้ตลอดเวลาทั้งกลางวัน และกลางคืน โดยทำให้ผู้ปฏิบัติงานรู้สึกสบายในขณะเดียวกันก็ช่วยพาอากาศเสีย กลิ่นต่างๆ และความร้อนที่เกิดขึ้นในโรงงานออกไปด้วย โดยปกติโรงงานควรเป็นโครงสร้างแบบเบาที่ไม่เก็บความร้อน เพื่อให้ปริมาตรภายในเย็นลงได้อย่างรวดเร็วเมื่อหมดแสงแดด หลักสำคัญของการออกแบบโรงงานชนิดนี้ คือ ให้ป้องกันแสงแดดและฝนให้ได้ดีโดยที่ไม่ปิดขวางการไหลของอากาศผ่านโรงงาน

2.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศ ขั้นตอนแรกของการออกแบบ คือการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศสำหรับท้องถิ่นนั้นเพื่อประมาณว่าวิธีการถ่ายเทธรรมชาติจะสามารถทำให้ผู้ปฏิบัติงานรู้สึกได้กี่เปอร์เซนต์ของเวลาหนึ่งปี และหาค่าความเร็วลมที่จำเป็นจะต้องมีเพื่อให้เกิดความสบายนั้นประมาณเท่าใด แต่จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าเปอร์เซนต์ของชั่วโมงความสบายตลอดปีนั้นมีค่าเพิ่มสูงสุดประมาณ 21.86% ซึ่งเป็นการวัดได้ในการทดลองโรงงานอุตสาหกรรมทางภาคเหนือ

2.4.2 การคำนวณอัตราการถ่ายเทอากาศที่จำเป็น แต่ละส่วนของโรงงานจำเป็นจะต้องมีการถ่ายเทอากาศที่เพียงพอ เพื่อให้ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในโรงงานถ่ายเทออกไปได้ (จากไฟแสงสว่าง เครื่องมือ เครื่องจักร และคนงาน) ถ้าไม่ลดอุณหภูมิลงจะทำให้อุณหภูมิภายในโรงงานจะสูงขึ้น และความสบายของผู้ปฏิบัติงานก็จะลดลง อัตราการถ่ายเทอากาศนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการผลิตความร้อนภายในโรงงาน และลักษณะโครงสร้างภายในโรงงาน

2.4.3 การเลือกสถานที่ ควรเลือกสถานที่ที่มีเนิน ระดับต่าง ทิศทางตลอดจนต้นไม้และบริเวณให้เอื้ออำนวยต่อการถ่ายเทอากาศและใช้ประโยชน์จากลมธรรมชาติให้มากที่สุด สถานที่ที่ใกล้แหล่งน้ำขนาดใหญ่จะได้ประโยชน์จากลมที่พัดผ่านผิวน้ำ

2.4.4 โครงสร้างและผนังโรงงาน หลังคาและผนังที่ถูกแสงแดดโดยตรงจะต้องมีการบุฉนวนกันความร้อนอย่างเพียงพอ เพื่อลดภาระความร้อนจากแสงแดด ผนังด้านนอกควรเป็นสีอ่อนหรือวัสดุที่สะท้อนแสงได้ และควรมีพื้นที่ผนังทึบน้อยที่สุด เพื่อให้มีช่องเปิดสำหรับอากาศถ่ายเท

หลังคาเป็นส่วนสำคัญมากสำหรับโรงงานเขตร้อน โดยเฉพาะโรงงานชั้นเดียวความร้อนจากแสงแดดที่จะเข้าสู่โรงงานกว่า 50 เปอร์เซนต์ จะตกกระทบบนหลังคา ดังนั้นหลังคาจะต้องสามารถกันความร้อนมิให้เข้าสู่โรงงาน หรือให้เข้าภายในโรงงานน้อยที่สุดพร้อทั้งมีชายคาพอเพียงที่จะกันฝนด้วย นอกจากนี้ตำแหน่ง ทิศทาง ลักษณะ และขนาดของหน้าต่างมีผลอย่างยิ่งต่อการถ่ายเทอากาศและการกระจายของลมในโรงงาน

2.4.5 การป้องกันแสงแดด หน้าต่างและบริเวณช่องเปิดอื่นๆ โดยเฉพาะบานกระจกต้องมีชายคา หรืออุปกรณ์ประเภทอื่นที่จะป้องกันมิให้แสงแดดตกกระทบโดยตรง อุปกรณ์กันแดดเหล่านี้ควรอยู่ภายนอกโรงงาน เช่นมู่ลี่ และชายคา ซึ่งจะสกัดกั้นความร้อนจากแสงแดดไว้ และคายความร้อนคืนสู่บรรยากาศภายนอก ควรหลีกเลี่ยงการใช้อุปกรณ์กันแดดภายในโรงงาน เช่น ม่าน และบานเกล็ดที่ถูกแสงแดดโดยตรง ทั้งนี้เพราะอุปกรณ์เหล่านี้ถึงแม้จะกันแสงแดดไม่ให้เข้าสู่โรงงานได้ แต่ตัวมันเองจะรับความร้อนแล้วจะคายความร้อนให้กับอาคารอีก ทำให้ภายในโรงงานร้อนขึ้น

2.4.6 การจัดพื้นที่ภายในโรงงาน ภายในโรงงานควรมีผนังกั้น หรือแผ่นกั้นน้อยที่สุดเพื่อให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก บริเวณส่วนที่จะมีแหล่งผลิตความร้อน ความชื้น กลิ่นหรือเสียงควรแยกออกจากสิ่งอื่นๆของโรงงานโดยมีผนังกันมิดชิดและมีการถ่ายเทอากาศแยกต่างหากในส่วนของสำนักงานในโรงงานที่มีเครื่องปรับอากาศ และส่วนที่จะใช้ในการถ่ายเทอากาศแบบธรรมชาติเป็นหลักจะต้องแยกกันอย่างชัดเจน การออกแบบส่วนทั้งสองนี้ไม่เหมือนกันส่วนที่จะเป็นการปรับอากาศจะต้องมีช่องหน้าต่าง ประตูที่สามารถปิดได้มิดชิดเพื่อลดการสูญเสียอากาศเย็นและพลังงานที่จะต้องใช้ทำให้อากาศเย็น ในขณะส่วนที่จะให้มีการถ่ายเทอากาศแบบธรรมชาติจะต้องเป็นลักษณะเปิดให้มากที่สุด

2.5 หลักการพิจารณาออกแบบช่องเปิดอากาศโรงงานเพื่อถ่ายเทอากาศแบบธรรมชาติ

2.5.1 ประเภทช่องเปิดอากาศ

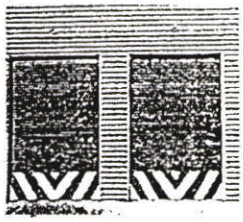
ช่องเปิดอากาศ (Opening) หมายถึง ช่องว่างในผนังของอาคารที่ลมสามารถพัดผ่านได้ โดยช่องเปิดอากาศสำหรับการถ่ายเทอากาศแบบธรรมชาติ (Natural Ventilation Openings) ตามหลักของ ASHERAE Standard ได้จำแนกเป็น 4กลุ่ม คือ (ASHERAE Handbook. 2544)

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยประเภทของประตู (Doors), หน้าต่าง (Windows), หน้าต่างที่ยื่นออกมาจากหลังคา (Dormer), ผนังบานเกร็ด (Louver) และช่องเปิดสำหรับรับแสงสว่าง (Skylights)

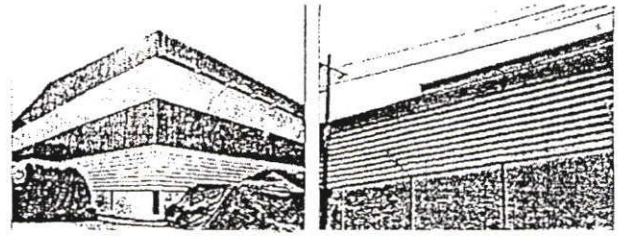
กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยประเภทของช่องเปิดอากาศบนสันหลังคา (Ridge Ventilation or Gravity Ventilation), ช่องเปิดอากาศบนหลังคาแบบหมุน (Roof Turbine Ventilator or Rotary Ventilator), ช่องเปิดอากาศบนเพดาน (Soffit Vent) และช่องเปิดอากาศที่หน้าจั่ว (Gable Louver)

กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยประเภทของช่องปล่องควัน (Stack)

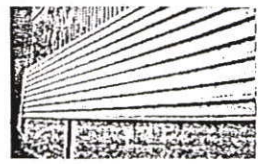
กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วยประเภทของช่องเปิดเข้าออกที่ออกแบบใช้เป็นกรณีพิเศษ (Specially Design Inlet and Outlet Openings)



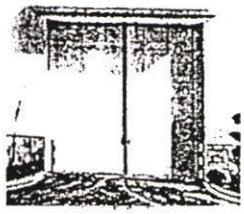
ลักษณะประตูโรงงานอุตสาหกรรมแบบม้วน



ลักษณะโรงงานอุตสาหกรรม และการใช้ช่องระบายอากาศ



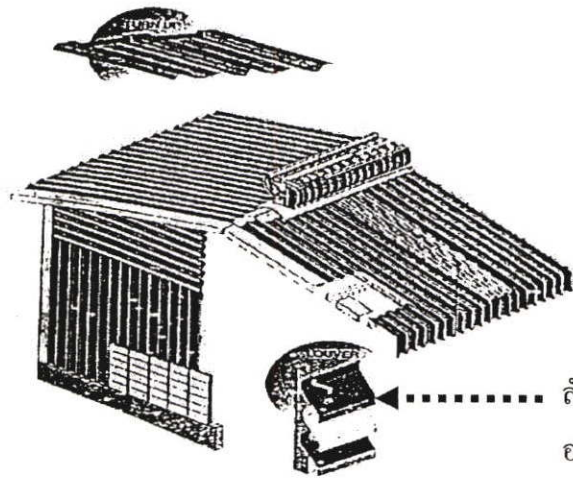
ลักษณะการใช้ช่องระบายอากาศของโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป



ลักษณะประตูโรงงานอุตสาหกรรมแบบบานเลื่อน

ภาพที่ 2.9 ช่องเปิดอากาศที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

ที่มา : (สมเกียรติ จตุรงค์ล้ำเลิศ. 2546)



ลักษณะรูปแบบช่องระบายอากาศ แบบ Louver

ภาพที่ 2.10 ลักษณะรูปแบบลักษณะของเกล็ดกระเบื้องภายในโรงงานอุตสาหรรม

ที่มา : (สมเกียรติ จตุรงค์ล้ำเลิศ. 2546)

ภาพที่ 2.11 แสดงลักษณะการเปิดช่องระบายอากาศในรูปแบบต่างๆของโรงงานอุตสาหกรรม

ภาพที่ 2.11 (ต่อ)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า โรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปนั้นจะมีโครงหลังคาหน้าจั่ว และมีการระบายอากาศด้านบนหน้าจั่วนั้นๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงการระบายอากาศแบบ Cross Ventilation ทำให้ผู้วิจัยศึกษาเรื่องเกี่ยวกับ ช่องระบายอากาศที่เป็นอิฐบล็อกชนิดกันฝนแบบลิ้นคู่ อิฐบล็อกชนิดกันฝน และ เกล็ดกระเบื้อง รวมทั้งช่องระบายอากาศด้านบน ซึ่งเหล่านี้จะมีทั้งที่เป็นตัวแปรอิสระ ตัวแปรควบคุม และตัวแปรตามที่ระบุไว้ในบทที่ 3

2.5.2 หลักการออกแบบช่องเปิดอากาศเบื้องต้น

ในการออกแบบช่องเปิดอากาศที่ผนังอาคาร ปัจจัยและวิธีการทำให้เกิดการเบี่ยงเบน หรือพัดพาของกระแสลมจากการศึกษาค้นคว้าในหนังสือ เอกสารทางวิชาการ และโดยนำหุ่นจำลองมาทำการทดลองกับโต๊ะน้ำ (Flow Visualization Apparatus) ได้สรุปผลการศึกษาไว้ดังนี้
(มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543)

2.5.2.1 ขนาดและจำนวนช่องเปิด

1. ขนาด และจำนวนช่องเปิด จะไม่เกิดผลกับการไหลเวียนของกระแสลม ถ้าช่องเปิดทางเข้าและทางออกอยู่ด้านเดียวกัน

2. ขนาดของช่องเปิด นั้นสามารถควบคุมความเร็ว และ ความแรงของกระแสลมได้ ซึ่งจะส่งผลถึงการไหลเวียนของอากาศภายในอาคารด้วย

3. ไม่ว่าอาคารจะมีรูปทรงแบบใด ถ้าอาคารมีช่องเปิดทางเข้า และทางออกยิ่งมากก็ยิ่งทำให้การไหลเวียนของกระแสลมดียิ่งขึ้น

4. การเจาะช่องเปิดทางเข้าเล็ก ช่องทางออกใหญ่จะมีกระแสลมที่เร็ว และแรงกว่าการเจาะช่องเปิดทางเข้าใหญ่ทางออกเล็ก และการเจาะช่องเปิดทางเข้าและทางออกในขนาดที่เท่ากันแต่การเจาะช่องเปิดทางเข้าใหญ่ทางออกเล็กจะครอบคลุมพื้นที่ได้มากที่สุด โดยความเร็วของกระแสลมจะลดลงบริเวณปากทางช่องเปิดทางออก

2.5.2.2 ทิศทางของลมที่สัมพันธ์กับช่องเปิด

1. ความเร็วของกระแสลมภายในห้อง ที่มีการเจาะช่องเปิดที่อยู่ตรงข้ามกัน จะมีความเร็วมากกว่าแบบช่องเปิดทางเข้าและทางออกตั้งฉากกันความเร็วของกระแสลมที่ดีต้องไม่มาก และ ไม่น้อยจนเกินไปจะทำให้สิ่งของภายในห้องปลิวกระจัดกระจายได้ หรือบางครั้งอาจนำฝุ่นเข้ามาในห้องได้ง่ายส่วนถ้าน้อยเกินไปก็ทำให้การไหลเวียนของอากาศภายในห้องไม่ดีต้องใช้อุปกรณ์อื่นๆช่วย เช่น พัดลม หรือเครื่องปรับอากาศเป็นต้น

2. ความเร็วของกระแสลมในห้อง ที่มีขนาดช่องเปิดทางเข้าเล็ก และทางออกใหญ่ต่างกันมากๆ จะทำให้กระแสลมมีความเร็วที่มากขึ้น จากกระแสลมที่วัดได้จากภายนอก แต่โดยส่วนใหญ่ค่าความเร็วของกระแสลมโดยเฉลี่ยภายในห้องจะต่ำกว่าภายนอกอาคารเสมอ

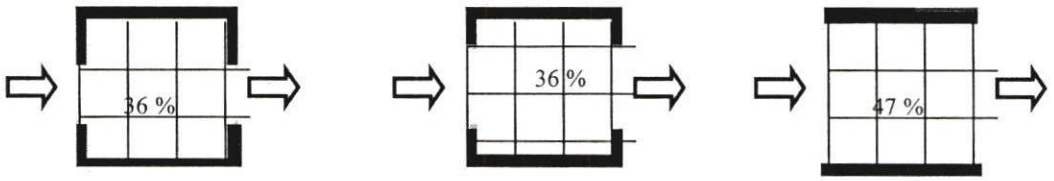
3. ทิศทางช่องเปิดควรตั้งฉาก หรือทำมุมเพียงเล็กน้อยกับกระแสลมประจำปีเพื่อให้ได้รับกระแสลมได้อย่างเต็มที่

4. กระแสลมที่เข้ามาในช่องเปิด ที่อยู่ติดๆ กันจะมีทิศทางเบี่ยนเบนไปจากกรณีช่องเปิดที่อยู่ห่างๆกัน อันเนื่องจากความกดอากาศที่กระทำต่อกันของกระแสลมในแต่ละช่องเปิดนั้นเอง

5. กระแสลมที่เข้ามาในทิศทาง ที่ทำมุมกับช่องเปิดทางเข้า จะมีความเร็วของกระแสลมเฉลี่ยภายในห้องมากกว่ากระแสลมที่เข้ามาในทิศทางตั้งฉากกับช่องเปิด

ได้มีการทำวิจัย (Givoni B.1962. 1968) ห้องลักษณะเดี่ยวโดยการทดลองขนาดช่องเปิด 3 ขนาด (ช่องเปิดน้อย ปานกลาง และมากที่สุด) ซึ่งได้ทำการทดลองให้ลมพัดผ่านแบบตั้งฉาก และทำมุมเข้าสู่ช่องเปิด โดยมีผลค่าเฉลี่ยความเร็วลมดังนี้

- ลมตั้งฉากเข้าสู่ช่องเปิด จากการทดลองให้ลมนั้นไหลเป็นแนวตรงจากทางเข้าและออก ผลอัตราความเร็วลมจะเชี่ยวที่มุมทางออก ส่วนอากาศที่ผนังด้านข้างจะเบาบาง โดยเฉพาะที่มุมของผนังทางเข้า ซึ่งพื้นที่ขนาดช่องเปิดมากจะมีผลทำให้อัตราเร็วเฉลี่ยมาก ดูภาพที่ 2.12

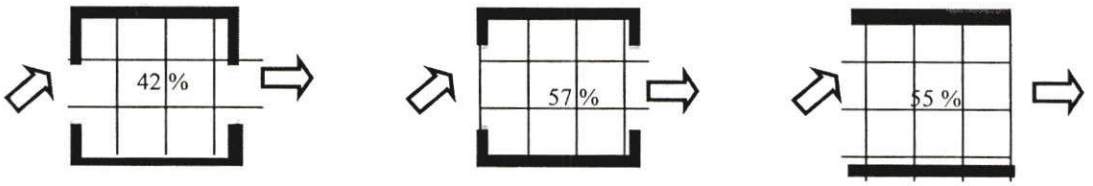


ช่องเปิด 1/3 ของผนัง ช่องเปิด 2/3 ของผนัง ช่องเปิด 3/3 ของผนัง

(Givoni B.1962. 1968)

ภาพที่ 2.12 แสดงขนาดช่องเปิดที่ต่างกัน กรณีที่ลมตั้งฉากเข้าสู่ช่องเปิด

- ลมที่ทำมุมเข้าสู่ช่องเปิด จากการทดลองให้ลมไหลทำมุมกับช่องเปิดเข้า และ ออก จะได้ผล คือ ปริมาตรอากาศจะเชี่ยวเป็นวงกลมรอบห้อง มีการเพิ่มขึ้นของอากาศที่ผนัง และมุมมากกว่าลมตั้งฉาก ซึ่งพื้นที่ขนาดช่องเปิดมากจะมีอัตราความเร็วลมเฉลี่ยมาก ดูภาพที่ 2.13



ช่องเปิด 1/3 ของผนัง ช่องเปิด 2/3 ของผนัง ช่องเปิด 3/3 ของผนัง

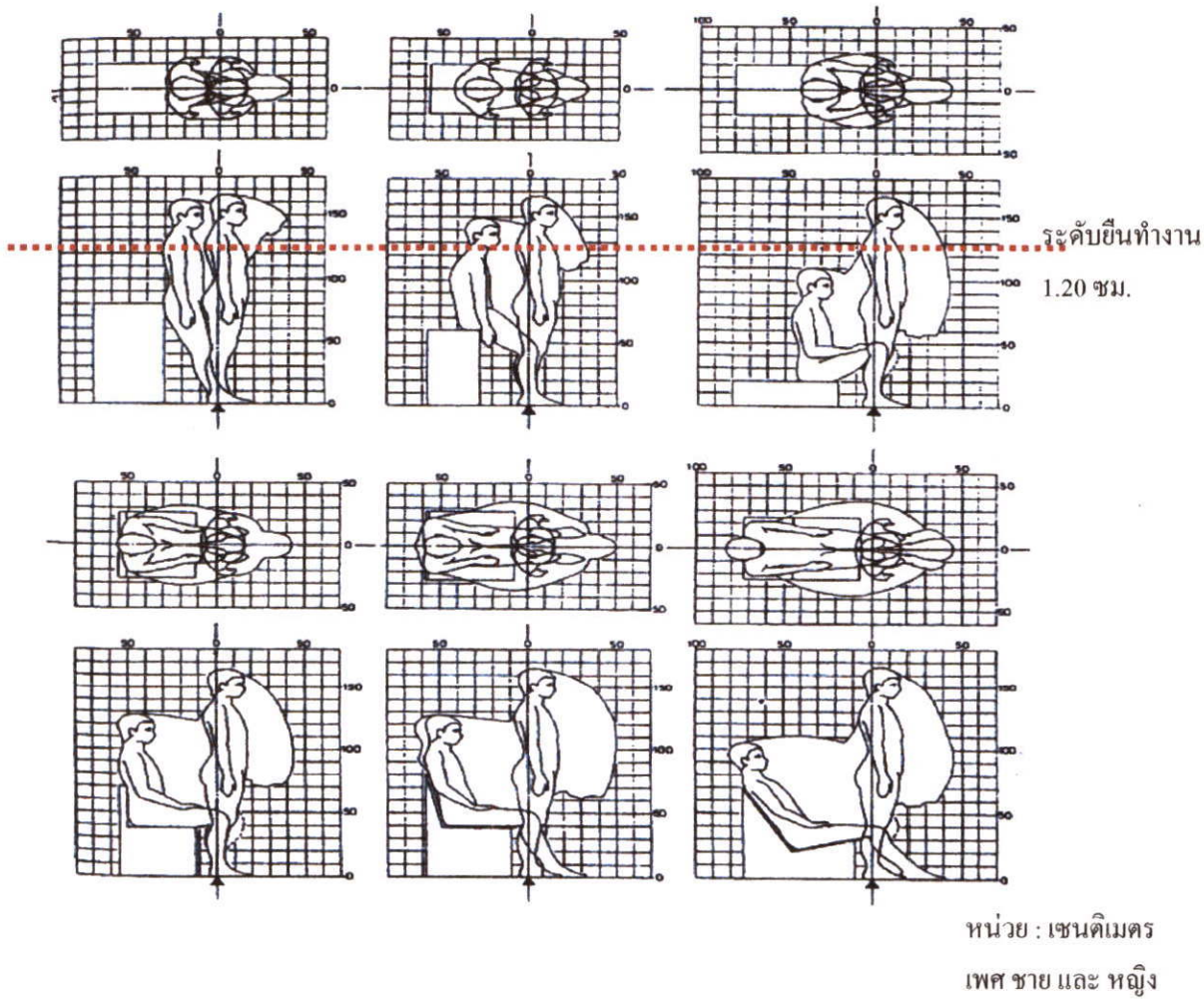
(Givoni B.1962. 1968)

ภาพที่ 2.13 แสดงขนาดช่องเปิดที่ต่างกัน กรณีลมทำมุมเข้าสู่ช่องเปิด

2.5.2.3 ตำแหน่งช่องเปิด

1. ควรให้ตำแหน่งช่องเปิด โดยเฉพาะช่องเปิดทางเข้าอยู่ในตำแหน่งที่ทิศทางกระแสลมพัดผ่านเป็นประจำ และควรคำนึงถึงแนวทิศทางกระแสลมที่จะนำเอากลิ่น และควันต่างๆเข้ามาภายในอาคารด้วย

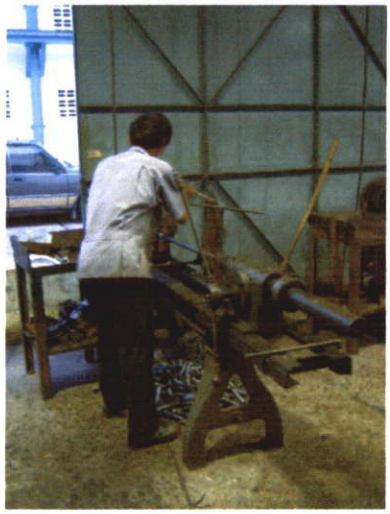
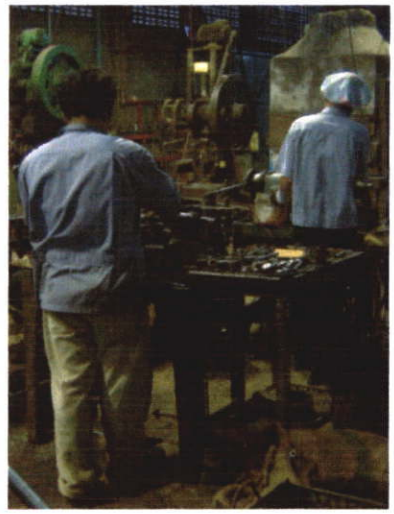
2. ควรเจาะช่องเปิดให้สัมพันธ์กับระดับร่างกาย (body Zone) ซึ่งตำแหน่งที่ดีที่สุด คือการเจาะช่องเปิดทางเข้าให้อยู่ในระดับร่างกาย และช่องเปิดทางออกให้อยู่เหนือร่างกาย เพราะอากาศจะไหลเวียนได้ดีพร้อมกับดึงความร้อนบริเวณเหนือร่างกาย (ฝ้าเพดาน) ออกไปจากอาคาร การที่ความร้อนสะสมอยู่บริเวณฝ้าเพดานก็เนื่องจากอากาศร้อนลอยตัวขึ้นที่สูง และความร้อนจากหลังคาที่ลงสู่ฝ้าเพดานผู้วิจัยจึงได้ใช้ระดับที่ 1.20 เมตร เป็นเกณฑ์เนื่องจากเป็นระดับที่อยู่บริเวณหน้าอกในขณะที่พนักงานยืนทำงาน



ภาพที่ 2.14 ระยะสัดส่วนของมนุษย์ในท่าต่างๆ

ที่มา : (นรมิตร ลีวธนมงคล. 2538)

จากการศึกษาตัวอย่างโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน็อตสกรู พบว่ากระบวนการในการผลิตนั้นส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะของการยืนทำงาน ดังนั้นผู้วิจัยจะใช้ระดับอกเป็นมาตรฐานในการเปิดช่องเปิด คือ อยู่ระดับที่ 1.20 เมตร

ภาพที่ 2.15 ลักษณะการยืนทำงานตามกระบวนการผลิต

3. ควรหลีกเลี่ยงการเจาะช่องเปิดทางเข้า และทางออกในผนังด้านเดียว เพราะการเจาะช่องเปิดเพียงด้านเดียวถึงแม้จะเป็นในทิศทางที่กระแสลมพัดมาเป็นประจำกระแสลมก็จะไม่เข้าไปในอาคารหรือเข้าไปแค่เพียงบริเวณใกล้ช่องเปิดเท่านั้น สาเหตุก็เนื่องมาจากความกดอากาศสูงภายในห้องนั้นเอง

4. ควรหลีกเลี่ยงการเจาะช่องเปิดในตำแหน่งที่ชิดกับอาคารใกล้เคียง เพราะกระแสลมจะไม่สามารถเข้าถึงภายในอาคารได้สะดวก หรือถ้าเข้ามาภายในอาคารก็จะเป็นปริมาณที่น้อย

2.5.2.4 ชนิดของหน้าต่างกับผลของกระแสลมที่เข้าภายในห้อง

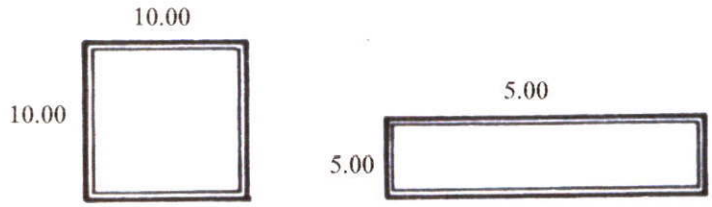
ชนิดของหน้าต่างที่เป็นบานเปิดจะมีผลในแง่การเบี่ยนเบนทิศทางของกระแสลมน้อยกว่าแบบหน้าต่างบานเกล็ดและบานกระทุ้ง ซึ่งมีผลกับทิศทางของกระแสลมทำให้เกิดการเบี่ยงเบนกระแสลมในแนวตั้ง โดยทั่วไปชนิดของช่องเปิดอากาศโรงงานที่ใช้กันมาก ได้แก่ ผนังเกล็ด ประตูเหล็ก หน้าต่างกระจก และช่องอากาศบนหลังคา เป็นต้น นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาในส่วนของการป้องกันแดด และ ฝน ความปลอดภัย และความสวยงามประกอบด้วย

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ช่องระบายอากาศ ถ้าเปิดมากยิ่งทำให้กระแสลมเข้ามามากโดยจะต้องมีการเปิดตรงข้ามกัน และสามารถควบคุมความแรงและความเร็วของลมได้ โดยช่องระบายอากาศทางเข้าจะต้องเล็กกว่าช่องระบายอากาศลมออก และควรมีทิศทางที่ตั้งฉาก หรือทำมุมเพียงเล็กน้อยกับกระแสลมประจำปี นอกจากนี้ตำแหน่งควรเจาะช่องให้อยู่ในระดับอกในขณะทำงาน ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้ความสูงที่ 1.20 เมตร ในการเจาะ เนื่องจากเป็นระดับหน้าอกที่พนักงานสามารถยืนทำงานได้

2.6 การลดความร้อนที่ผ่านกรอบอาคาร

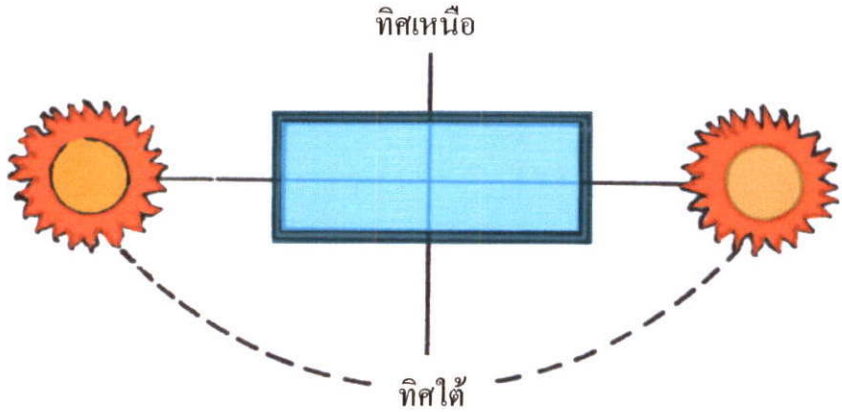
วัสดุต่างชนิดกันจะมีคุณภาพในการดูดกลืนและแผ่รังสีความร้อนไม่เท่ากัน แต่สามารถทำให้ได้รับรังสีความร้อนได้น้อยลง ทำให้เกิดความร้อนภายในอาคารน้อยลง ซึ่งจะมีวิธีดังนี้ (ตรึงใจ บูรณสมภพ. 2539)

2.6.1 รูปร่าง และเส้นรอบรูปของกรอบอาคาร ควรมีเส้นรอบรูปที่น้อยในพื้นที่ใช้สอยเท่าๆกัน ปกติอาคารรูปทรงกลมหรือสี่เหลี่ยมจตุรัสจะมีพื้นที่ของกรอบอาคารน้อยกว่าอาคารรูปทรงอื่น แต่เนื่องจากมีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้อง เช่นทิศทางแดด ลม อาคารรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีสัดส่วนกว้างยาวเหมาะสมจะประหยัดพลังงานมากกว่า



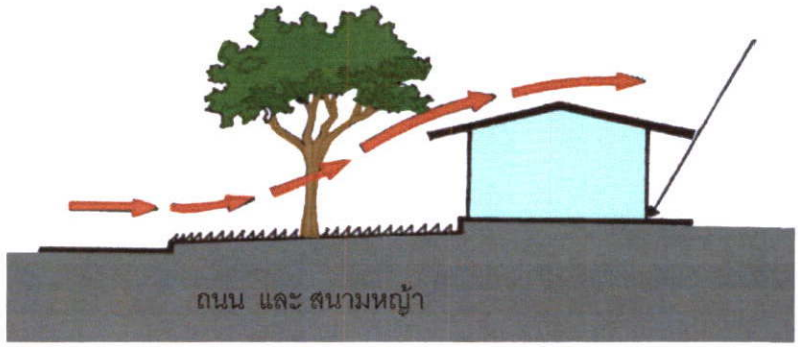
ภาพที่2.16 แสดงวิธีการลดความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่อาคารด้วยวิธีต่างๆ

2.6.2 การวางอาคาร ควรวางให้ถูกทิศทาง เช่น ให้ด้านแคบของอาคารหันไปทางทิศที่รับแดดบ่าย คือทิศตะวันตก หรือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้



ภาพที่ 2.17 ลักษณะการวางอาคาร

2.6.3 การให้ร่มเงา ควรให้อาคารได้รับร่มเงาซึ่งอาจจะเป็นร่มเงาจากแผงบังแดด จากส่วนอื่นของอาคาร หรือจากต้นไม้ใหญ่ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิที่ผิววัสดุที่โดนแดดกับที่อยู่ในที่ร่มจะแตกต่างกันมาก



ภาพที่2.18 ลักษณะของการวางกรอบอาคารเพื่อให้ได้รับเงาร่ม

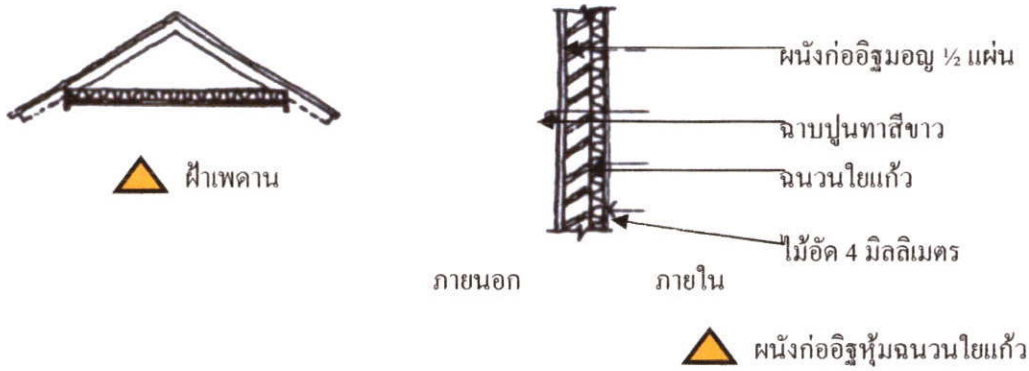
ต้นไม้ และ พันธุ์พืชรอบๆ กรอบเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความเย็นของอาคาร โดยแบ่งออกเป็นดังนี้

การใช้พันธุ์พืชเพื่อสร้างร่มเงา และ ลดอุณหภูมิ (Shading and Reducing Air Temperature) โดยการใช้ต้นไม้ที่มีพุ่มใบแผ่กว้างๆ หรือไม้เลื่อยก็สามารถช่วยป้องกันรังสีอาทิตย์ได้ด้วยเช่นกัน จากการวิจัยได้พบว่าอุณหภูมิของผนังที่ได้รับร่มเงาจากต้นไม้จะต่ำกว่าผนังที่ไม่ได้รับร่มเงาประมาณ 13.5 – 15.5 องศาเซลเซียส และในกรณีของไม้เลื่อยปกคลุมจะสามารถลดลงได้ 10-12 องศาเซลเซียส

การใช้พันธุ์พืชเพื่อคลุมดิน (Ground Cover) เพื่อลดการสะท้อนของรังสีแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาว (รังสีความร้อน) เข้าสู่อาคาร และยังสามารถลดแสงจ้า นอกจากนี้พืชคลุมดินเหล่านี้ยังจะดูดซึมเอาน้ำจากใต้ดินมาระเหยทำให้อุณหภูมิอากาศในระดับผิวดินต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศมาก อีกทั้งลมที่พัดจะมีอุณหภูมิลดลง

การใช้ต้นไม้เพื่อควบคุมทิศทางของลม เนื่องจากลมที่เกิดขึ้นจะมาหลายทิศหลายทาง และในบางครั้งการออกแบบอาคารก็ไม่สามารถสอดคล้องกับทิศทางเพื่อรับลมภายนอกได้ ดังนั้น จึงมีการนำเอาพันธุ์พืชชนิดต่างๆมาใช้เพื่อปรับเปลี่ยนลักษณะลมเพื่อนำมาใช้ตามความต้องการใช้สอยภายใน บางครั้งอาจนำต้นไม้มาเพื่อปรับเปลี่ยนทิศทาง หรือ เพื่อลดความรีวลมลง ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ต้นไม้เป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถทำให้อาคารภายในมีอุณหภูมิที่ลดลง แต่ทั้งนี้ต้องศึกษาทิศทางของลมที่เข้า และ ออก ผสมผสานกับการวางต้นไม้ต่างๆรอบๆอาคาร เพื่อไม่ให้เกิดการบังทิศทางลมที่เข้า และออกภายในอาคารได้

2.6.4 วัสดุ ที่ใช้ความเป็นวัสดุที่ไม่สะสมความร้อน และสามารถกันความร้อนได้เป็นอย่างดี หรือมีฉนวนความร้อนกรุระหว่างผนัง และหลังคากับฝ้าเพดาน



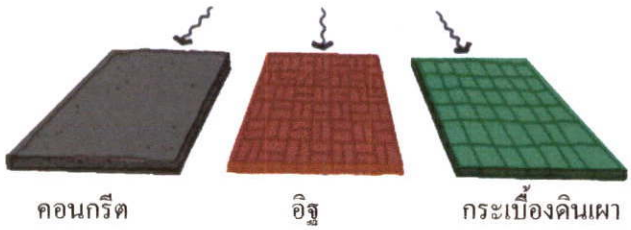
ภาพที่2.19 ลักษณะของการใช้วัสดุที่ป้องกันความร้อนให้กับอาคาร

2.6.5 การใช้กระจก ควรลดปริมาณการใช้กระจกในด้านที่รับแดด การใช้แสงธรรมชาติช่วยส่องสว่าง ควรจำกัดส่วนโปร่งใสของผนัง หรือ หลังคาให้แสงอาทิตย์เข้าได้เท่าที่จำเป็นสำหรับการส่องสว่างอย่างมีประสิทธิภาพ

2.6.6 การใช้ที่ว่าง ควรใช้ที่ว่างสำหรับให้อากาศเป็นตัวป้องกันความร้อนหรือพาความร้อนออกไปโดยอาจจะทำหลังคา หรือทำผนังสองชั้นมีช่องว่างตรงกลางให้อากาศช่วยดักความร้อนหรือให้อากาศระบายถ่ายเทออกได้โดยมีช่องเปิดทำให้ระบายอากาศโดยรอบฝ้าชายคาด้วยการตีเป็นระแนงไม้โปร่ง หรือทำช่องลมระบายอากาศร้อนออกทางหน้าจั่ว

ภาพที่2.20 ลักษณะของการทำหลังคาจั่วเพื่อการระบายอากาศที่ร้อนออก

2.6.7 การปูวัสดุโดยรอบ ควรหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุปูพื้นที่เป็นพื้นแข็ง (Hard Scape) ในบริเวณภายนอกอาคาร

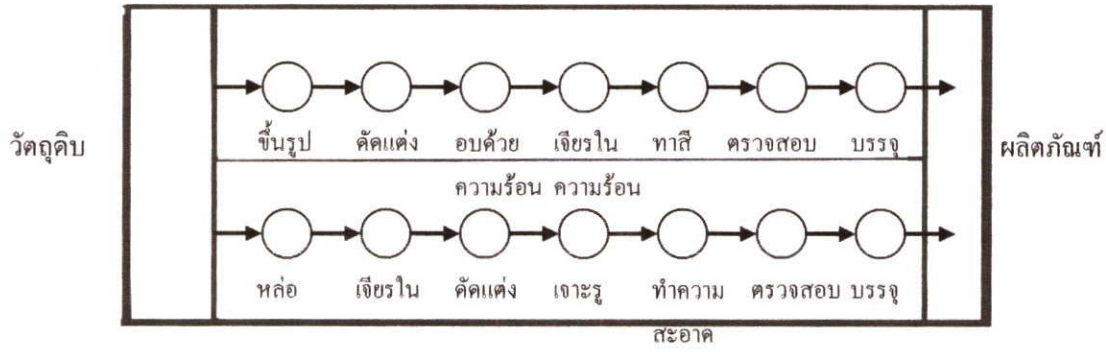


ภาพที่2.21 ลักษณะของวัสดุปูพื้นภายนอกที่กักเก็บความร้อนได้ต่ำ และสูง

2.7 การวางผังโรงงานอุตสาหกรรม (สมศักดิ์ ตรีสัตย์ . 2537)

2.7.1 ชนิดของโรงงาน แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ คือ

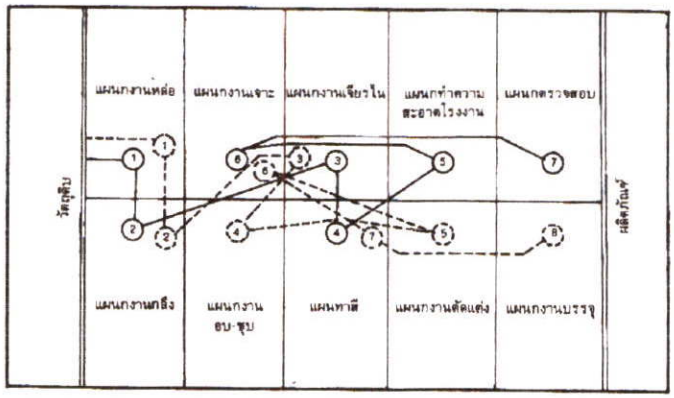
2.7.1.1 การวางผังโรงงานตามชนิดของผลิตภัณฑ์ (Product Layout) การวางผังโรงงานลักษณะนี้ เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดดียว หรือน้อยชนิด แต่ละชนิดผลิตเป็นจำนวนมาก และทำการผลิตในพื้นที่สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นโดยเฉพาะ



ภาพที่2.22 การวางผังโรงงานตามชนิดของผลิตภัณฑ์

ที่มา : (สมศักดิ์ ตรีสัตย์. 2537)

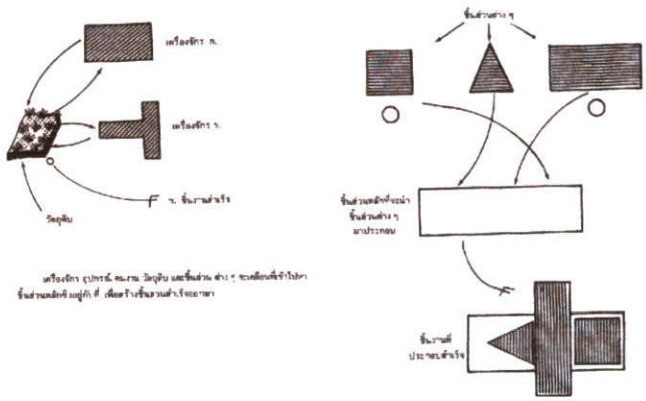
2.7.1.2 การวางผังตามขบวนการผลิต (Process Layout) การวางผังโรงงานแบบนี้เป็นการจัดเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้งานประเภทเดียวกันอยู่ในกลุ่มเดียวกัน หรือในแผนกเดียวกัน หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการวางผังโรงงานตามชนิดของเครื่องจักร



ภาพที่2.23 การวางผังโรงงานตามขบวนการผลิต

ที่มา : (สมศักดิ์ ตรีสัตย์. 2537)

2.7.1.3 การวางผังโรงงานตามตำแหน่งของงาน (Fixed Position Layout) การวางผังแบบนี้เป็นการจัดวางผังโรงงานโดยให้ส่วนประกอบหลักอยู่กับที่แล้วเคลื่อนย้าย เครื่องจักร อุปกรณ์ แรงงานวัสดุเข้าไปหาส่วนประกอบหลักเพื่อทำการผลิต



ภาพที่ 2.24 การวางผังโรงงานตามตำแหน่งงาน

ที่มา : (สมศักดิ์ ตรีสัตย์. 2537)

หลังจากได้มีการทบทวนวรรณกรรมแล้วนั้น สรุปได้ว่า การวางผังโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์นั้นเป็นการวางผังตามขบวนการผลิต คือการจัดเครื่องจักรที่ทำหน้าที่คล้ายกันจัดอยู่ประเภทเดียวกัน หรือเครื่องจักรที่ทำหน้าที่คล้ายกันนั้นอยู่ประเภทเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ขบวนการไหลของงานในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์นั้นคล่องตัวมากยิ่งขึ้น

2.7.2 การออกแบบอาคารโรงงาน และ โครงสร้าง

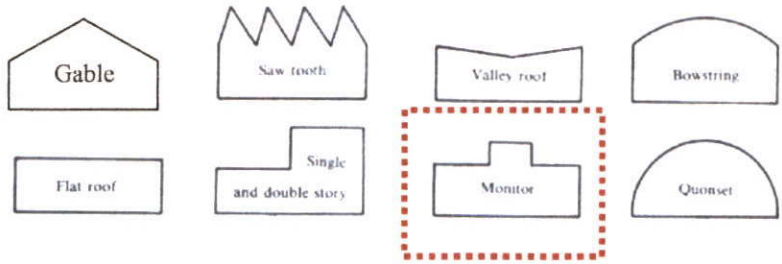
อาคารโรงงานโดยทั่วไปนิยมรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า เนื่องจากว่าง่ายต่อการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นโรงงานที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของผลิตภัณฑ์บ่อยๆ หรือขบวนการที่ล้าสมัยเร็ว อาคารโรงงานที่เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะเหมาะสมสำหรับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

ส่วนกรณีที่อาคารโรงงานมีรูปทรงแปลกๆ อาจเป็นเพราะ มีข้อจำกัดในด้านลักษณะรูปร่างของที่ดิน หรือ สายงานผลิต บางครั้งระบบการผลิตที่มีอัตรายได้ง่าย การออกแบบอาคารโรงงานอาจเป็นรูปทรงที่พิเศษด้วยเหตุผลที่ทำให้เกิดความปลอดภัยกว่า

2.7.2.1 รูปทรงอาคารโรงงาน มีหลายชนิด ซึ่งการออกแบบจำเป็นต้องหามาให้เหมาะสมกับความต้องการของระบบการผลิต ลักษณะอาคารโรงงานโดยทั่วๆไปมีอยู่ 3 แบบ คือ

1. อาคารโรงงานแบบชั้นเดียว
2. อาคารโรงงานแบบหลายชั้น
3. อาคารโรงงานแบบมอนิเตอร์

ลักษณะสร้างอาคารโรงงานแต่ละชิ้นส่วนในปัจจุบันอาจเป็นโครงสร้างแบบตายตัว หรือเป็นแบบถอดประกอบได้ การสร้างมักจะใช้เหล็ก และ คอนกรีต แต่นิยมใช้มากสุด คือ โครงสร้างเหล็ก ที่จับยึดโดยการ เชื่อม หมุดย้ำ หรือด้วยวิธีอื่นๆ



ภาพที่2.25 ลักษณะโครงสร้างหลังคาของอาคารโรงงานแบบต่างๆ

ที่มา : (สมศักดิ์ ตรีสัตย์. 2537)

2.7.2.2 สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบอาคารโรงงาน และ โครงสร้างต่างๆ

1. ควรเป็นอาคารโรงงานชั้นเดียว
2. ควรออกแบบอาคารโรงงานแบบง่ายๆ เพื่อให้มีความยืดหยุ่นสูง
3. หลังคาแบนเรียบ และ แบบมอนิเตอร์ (Monitor)
4. ผนังที่กั้นเป็นส่วนๆ ภายใน หรือกั้นเปลี่ยนแผนกควรง่ายต่อการเปลี่ยนแปลง
5. พื้นควรสร้างด้วยคอนกรีต เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักได้มาก
6. มีหน้าต่างหลายบาน
7. สีที่ใช้ทาภายในควรเป็นสีสุภาพ และ สว่าง เช่น สีเทา สีขาว

8. ภายนอกของโรงงาน ควรมีสิ่งที่หน้าสนใจเพิ่มขึ้น

9. ควรมีการเตรียมการในการวางแผน การขยายอาคารโรงงานในอนาคต

10. ความสูงของเพดาน ปรมาณ 3-4.5 เมตร ไม่รวมถึงระบบของเครื่องปรับอากาศ ระบบระบายอากาศ และระบบอุปกรณ์การขนถ่ายวัสดุ

2.7.3 กิจกรรมกับความต้องการที่ควบคู่

เนื่องจากว่าการออกแบบอาคารโรงงาน ส่วนใหญ่จะมอบหมายให้สถาปนิก ซึ่งล้วนแต่เป็นความเชี่ยวชาญในด้านการออกเป็นตัวอาคารให้มีความแข็งแรง สวยงาม และประหยัด ง่ายต่อการซ่อมบำรุงรักษา ฯลฯ (สมศักดิ์ ตรีสัตย์. 2537)

กิจกรรมต่างๆในโรงงานอุตสาหกรรม มีคุณลักษณะที่จำเป็นต้องมีกิจกรรมอื่นควบคู่ไปด้วย และต้องจัดเตรียมบริเวณอย่างสัมพันธ์กัน เช่น

ตารางที่ 2.6 แสดงกิจกรรม กับความต้องการควบคู่

กิจกรรม	กิจกรรมควบคู่ที่จะต้องมี
1. การอบชุบโลหะ	การระบายอากาศ ระบบป้องกันอัคคีภัย
2. การพ่นสี	การระบายอากาศ ระบบป้องกันไฟ ระบบความร้อน
3. การเคลือบ	การระบายอากาศ ระบบป้องกันกรด ควัน ฉนวนไฟฟ้า
4. งานตีเหล็ก	การระบายอากาศ ท่อระบบความร้อน การลดเสียงดัง และลดความสั่นสะเทือน
5. งานหล่อ	ท่อระบายความร้อน การระบายอากาศ ระบบป้องกันไฟ
6. อาคารต้นกำลัง	ท่อระบายความร้อน และสิ่งสกปรก การลดเสีย
7. ชิ้นส่วนหนัก	สิ่งอำนวยความสะดวกในด้านการขนถ่ายวัสดุ
8. งานประกอบช่วงสุดท้าย	ต้องใกล้กับคลังสินค้า หรือแผนกส่งของออก
9. การตรวจสอบ	ระบบปรับอากาศ ใจกลางพื้นที่
10. งานประกอบที่ต้องใช้ความแม่นยำสูง	ระบบปรับอากาศ
12. วัสดุไวไฟ	การระบายอากาศ การป้องกันไฟ
13. งานบริหาร	ความเงียบ

ที่มา : (สมศักดิ์ ตรีสัตย์. 2537)

หลังจากทบทวนวรรณกรรมนั้น ผู้วิจัยได้พบว่า รูปแบบทรงอาคารควรเป็นรูปสี่เหลี่ยม เพราะง่ายต่อการขนย้าย รวมทั้งมีความยืดหยุ่นสูง จากตารางที่ 2.6 นั้นโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์เป็นโรงงานที่มีการใช้ความร้อนในขบวนการผลิต ดังนั้นจึงเป็นอาคารที่ต้องการระบายอากาศ

2.8 เกณฑ์ในการออกแบบอาคารโรงงานอุตสาหกรรม

ทำการศึกษากฎกระทรวง เทศบัญญัติกรุงเทพมหานคร และ ศึกษาถึงการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาเรื่องอุณหภูมิโดยจะบรรยายดังต่อไปนี้ (เป็นการศึกษาเฉพาะกรณีที่นำไปใช้ในการทดลอง)

2.8.1 กฎกระทรวง ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2535) ดังนี้

- การระบายที่เหมาะสม โดยให้มีพื้นที่ประตู หน้าต่าง และช่องลมรวมกันโดยไม่นับที่ติดต่อระหว่างห้องไม่น้อยกว่า 1 ใน 10 ส่วนของพื้นที่ของห้อง หรือมีระบายอากาศไม่น้อยกว่า 0.5 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ต่อคนงานหนึ่งคน

- มีประตู หรือทางออกให้พอกับจำนวนคนในโรงงานที่จะหลบหนีภัยออกไปได้ทันท่วงทีเมื่อมีเหตุฉุกเฉินขึ้นอย่างน้อยสองแห่งอยู่ห่างกันพอสมควร บานประตูเปิดออกได้ง่ายมีขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 110 เซนติเมตร และสูงไม่น้อยกว่า 200 เซนติเมตร แต่ถ้าคนในโรงงานที่ต้องออกตามทางนี้มากกว่า 50 คน ต้องมีขนาดกว้างเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนไม่น้อยกว่า 2 เซนติเมตรต่อหนึ่งคน และมีบันไดระหว่างชั้นอย่างน้อย 2 แห่งห่างกันพอสมควร

- ระยะดิ่งระหว่างพื้นถึงเพดานโดยเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 3.00 เมตรเว้นแต่จะมีการจัดระบบอากาศหรือมีการระบายอากาศที่เหมาะสม แต่ระยะดิ่งดังกล่าวต้องไม่น้อยกว่า 2.30 เมตร

- วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างต้องเหมาะสมกับการประกอบกิจการอุตสาหกรรมตามขนาด ประเภท หรือชนิดของโรงงาน รวมทั้งที่ไม่ก่อให้เกิดการลุกลามของอัคคีภัย

- ระบบระบายอากาศในอาคารจะจัดให้มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ หรือโดยวิธีกลก็ได้

- ในกรณีที่จัดให้มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ห้องในอาคารทุกชนิดทุกประเภทต้องมีประตู หน้าต่าง หรือช่องระบายอากาศ ด้านติดกับอากาศภายนอกเป็นพื้นที่รวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ของห้องนั้น ทั้งนี้ ไม่นับรวมพื้นที่ของประตู หน้าต่าง และ ช่องระบายอากาศที่ติดต่อกับห้องอื่นหรือช่องทางเดินภายในอาคาร

- ในกรณีที่ไม่อาจจัดให้มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติตามข้อ 13 ได้จัดให้มีการระบายอากาศโดยวิธีกลซึ่งใช้กลอุปกรณ์ขับเคลื่อนอากาศ กลอุปกรณ์นี้ต้องทำงานตลอดเวลาระหว่างที่ใช้สอยพื้นที่นั้น และ การระบายอากาศต้องมีการนำอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ไม่น้อย

กว่าอัตราที่กำหนดไว้ คือ อาคารโรงงานต้องมีอัตราระบายอากาศไม่น้อยกว่า 2 เท่าของปริมาตรของห้องใน 1ชั่วโมง

2.8.2 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ 2544 ดังนี้

ระบายอากาศในอาคาร จะจัดให้มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ หรือวิธีกลก็ได้ การระบายอากาศโดยวิธีกลให้ใช้กับห้องในอาคารลักษณะใดก็ได้โดยจัดให้มีกลอุปกรณ์ ขับเคลื่อนอากาศซึ่งต้องทำงานตลอดเวลาระหว่างที่ใช้สอยห้องนั้นเพื่อให้เกิดการระบายอากาศตามอัตราที่กำหนด คือ อาคารโรงงานต้องมีอัตราระบายอากาศไม่น้อยกว่า 2 เท่าของปริมาตรของห้องใน 1 ชั่วโมง

2.9 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสรุปผล และวิธีการวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติแบบใช้ความดันลม (Givoni.1968, มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543 วิเชษฎ ธวัชนันทชัย. 2544 ดรุณี มงคลสวสดิ์. 2545 และสมเกียรติ จตุรงค์ล้ำเลิศ. 2546) แต่เนื่องจากทางมาตรฐานที่กฎกระทรวงไม่มีรูปแบบมาตรฐานของโรงงงานอุตสาหกรรม แต่จะมีเพียงกฎกว้างๆในเรื่องที่เกี่ยวกับการระบายอากาศ โดยแบ่งประเด็นเป็นดังนี้

2.9.1 ตำแหน่งช่องเปิด สรุปได้ว่า

1. หลีกเลี่ยงเลี่ยงการเจาะเพียงด้านเดียวถึงแม้ว่าจะเป็นกระแสลมที่พัดมาเป็นประจำลมจะไม่สามารถเข้าได้ เนื่องจากภายในห้องมีความกดอากาศสูง
2. ช่องเปิดควรให้สัมพันธ์กับร่างกาย ซึ่งตำแหน่งที่ดีที่สุด คือ เจาะช่องเปิดทางเข้าให้อยู่ในระดับร่างกาย และช่องเปิดทางออกให้อยู่เหนือร่างกาย
3. การเปิดช่องเปิดเพียงด้านเดียวจะทำให้อัตราเร็วลมร้อยละ 10-15 ของความเร็วลมภายนอก การเปิดช่องเปิด2 ด้าน จะทำให้อัตราเร็วลม 30-50 ของอัตราความเร็วลมภายนอก
4. ช่องเปิดทางเข้า และ ทางออกอยู่ตรงข้ามกันจะมีความเร็วลมดีที่สุด
5. จากผลการวิจัยด้านตำแหน่งช่องเปิด พบว่า ช่องเปิดนั้นควรอยู่ในตำแหน่งที่ลมสามารถพัดผ่านตัวคน หรือพื้นที่ที่ใช้งานเพื่อสร้างความสบายแก่พนักงานได้ โดยควรให้ช่องเปิดเข้านั้นอยู่ในระดับร่างกาย และช่องเปิดออกควรอยู่เหนือร่างกาย และมีช่องทางเข้า และออกของลมนั้นอยู่คนละด้านกันเพื่อให้ลมนั้นสามารถนำความร้อนออกไปได้ โดยความสูงนั้นจะมีการใช้เกณฑ์ของพนักงานที่ยืนทำงานเป็นเกณฑ์ คือ ระดับ ที่ 1.20 เซนติเมตร

2.9.2 ขนาด และจำนวนช่องระบายอากาศ สรุปได้ว่า

1. ถ้าช่องเปิดทางเข้าและออกอยู่ด้านเดียวกัน ขนาด และช่องระบายนั้นไม่เกิดผลกับการไหลเวียนของกระแสลม

2. ถ้าอาคารมีช่องระบายอากาศทางเข้า และทางออกมากจะทำให้การไหลเวียนของอากาศมากถึงแม้ว่ารูปทรงของอากาศจะเป็นแบบใดก็ตาม

3. ขนาดของช่องระบายสามารถควบคุมความเร็ว และความแรงของกระแสลมได้

4. ขนาดทางเข้า และทางออกยิ่งใหญ่ยิ่งมีปริมาณการระบายอากาศดี และครอบคลุมพื้นที่มากกว่า

5. ถ้าขนาดทางเข้าของลมนั้นมีขนาดที่ใหญ่กว่าขนาดของลมออกจะมีการกระจายของลมมากกว่า แต่ความเร็วของกระแสลมนั้นมีค่าเฉลี่ยน้อย

6. ถ้าขนาดทางเข้าเล็กกว่าทางออกจะทำให้มีกระแสลมที่เร็ว และแรง

จากผลการวิจัยขนาดและจำนวนช่องระบายอากาศ สรุปได้ว่า ขนาดและช่องระบายอากาศมากลมจะครอบคลุมพื้นที่ได้มาก ทางเข้าเล็กกว่าทางออกจะทำให้กระแสลมเร็วมากกว่าการเปิดแบบช่องระบายอากาศของทางเข้าใหญ่กว่าทางออก และการเปิดช่องระบายอากาศของทางเข้าเท่ากันกับทางออก

2.9.3 ทิศทางของช่องระบายอากาศ สรุปได้ว่า

1. ทิศทางของช่องเปิดควรตั้งฉาก หรือทำมุมเล็กน้อยกับกระแสลมประจำปี

2. กระแสลมที่เข้ามาทิศทางที่ทำมุมกับช่องระบายอากาศของทางเข้าจะมีความเร็วลมเฉลี่ยมากกว่าทิศทางตั้งฉาก

3. ช่องระบายอากาศที่อยู่ติดๆกันจะทำให้กระแสลมนั้นเปลี่ยนไป เพราะความกดอากาศที่กระทำต่อกระแสลมแต่ละช่องระบายอากาศ

4. กระแสลมที่เข้ามาในทิศทางของช่องระบายอากาศที่ทำมุมเอียงจะเข้าได้มากกว่าทิศทางที่ตั้งฉาก

จากผลการวิจัยทิศทางช่องเปิดสรุปได้ว่า ทิศทางช่องระบายอากาศนั้นควรอยู่ในแนวลมประจำปีและควรมีช่องทางออกของลมเพื่อที่สามารถพัดผ่านได้ตามหลักการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติแบบลมพัดผ่าน

2.9.4 ทิศทางการไหลของกระแสลม อันเนื่องจากสิ่งประกอบบริเวณช่องระบายอากาศทางเข้า และ ทางออก สรุปได้ว่า

การใช้ชายคาและระดับช่องระบายรวมทั้งการใช้อุปกรณ์ประกอบช่องเปิดลมเข้า ออกจะทำให้เกิดการระบายอากาศได้มากขึ้น

ภาพที่ 2.26 แสดงผังของการมีสิ่งประกอบทางตั้งเบี่ยนเบนกระแสลม

2.9.5 การใช้ผนังกั้นภายในห้องกับผลของกระแสลม สรุปได้ว่า

ควรเป็นส่วนโล่งให้อากาศถ่ายเทสะดวกแต่มีการป้องกันลมร้อน และ ลมหนาว ไม่ควรที่จะสร้างผนังกั้นภายในพื้นที่ที่ทำงาน

2.9.6 ระยะความสูงของช่องเปิดถึงพื้น สรุปได้ว่า

จากการทบทวนวรรณกรรมแล้วพบว่า ภายในโรงงานโดยเอาเกณฑ์ของ ระดับช่วงตัวที่ผู้ทำงานนั้นยืนทำงานเป็นเกณฑ์ คือ ระดับที่ 1.20 เซนติเมตร เนื่องจากสามารถทำให้ลมนั้นพัดผ่านผู้ที่ทำงานนั้นได้อย่างครอบคลุม

2.9.7 พืชพันธุ์รอบๆ สรุปได้ว่า พืชพันธุ์นั้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้อาคารภายในรู้สึกเย็นลง ได้ดังนั้น สภาพแวดล้อมภายนอกควรที่ปลูกพืชพันธุ์ที่มีใบแผ่กว้าง เพื่อให้ความลมเงา หรือ อาจปลูกพื้นคลุมดิน เพื่อให้ลมสามารถพัดความผ่านเอาอุณหภูมิที่เย็นเข้าสู่ภายในที่มีอุณหภูมิที่ร้อนกว่าได้ แต่ทั้งนี้ และ ทั้งนั้นควรที่จะศึกษาทิศทางลมก่อนที่จะทำการปลูดพื่อไม่ให้เป็นการบังทิศทางกระแสลมเข้า และ ออกได้

2.10 สรุปวิธีวิจัยที่ใช้การทดลองในการหาทิศทางกระแสลม และความเร็วลมที่ผ่านมา

การทำหุ่นจำลองศึกษาลมจากอุโมงค์ลมนั้น สามารถกำหนดอัตราเร็วลมคงที่ภายในอุโมงค์ลมได้ ทำให้เป็นวิธีที่ได้คำตอบใกล้เคียงความจริงมากที่สุด และสามารถจำลองสถานการณ์ได้หลายรูปแบบโดยการใช้งบประมาณที่ต่ำ สามารถวิเคราะห์ถึงสาเหตุการไหลได้โดยการทดสอบด้วยอุปกรณ์โต๊ะน้ำด้วยหุ่นจำลอง 2 มิติ ช่วยให้เห็นเป็นเส้นกระแสลม

การกำหนดมาตราส่วนของหุ่นจำลอง (3 มิติ) ที่ใช้อุโมงค์ลม ต้องคำนึงถึงขนาดของอุโมงค์ลมที่ใช้ในการทดลอง โดยขนาดหน้าตัดของหุ่นจำลองไม่ควรเกินร้อยละ 10 ของขนาดหน้าตัดอุโมงค์ลม หรือเพื่อให้ความถูกต้องมากขึ้นไม่ควรเกินร้อยละ 5 (ดรุณี มงคลสวัสดิ์. 2545)

สรุปได้ว่า การวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีการทดลองจากหุ่นจำลอง เพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย และได้ผลใกล้เคียงกับความจริง ในการหาอัตราเร็วลมภายในหุ่นจำลอง

2.10.1 การทดลองด้วยโต๊ะน้ำ (Flow Visualization) (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543)

โดยการปล่อยน้ำผ่านหุ่นจำลองบนโต๊ะน้ำ เป็นอุปกรณ์ทดสอบหุ่นจำลองลักษณะ 2 มิติ เพื่อทราบถึงแนวการไหลของลม

ข้อดี ใช้พื้นที่ในการทดลองไม่มาก

อุปกรณ์นอกเหนือจากโต๊ะน้ำหาง่าย และไม่แพง

สามารถทดลองกับหุ่นจำลองที่มีรูปทรงยากๆได้ เช่น วงกลม ทรงโค้งต่างๆ

ใช้เวลาการทำหุ่นจำลองไม่มาก

เห็นแนวทิศทางกระแสลมชัดเจนสามารถบันทึกภาพ และนำมาวิเคราะห์ได้ง่าย

ใช้บุคลากรน้อย

ข้อเสีย สามารถทดลองได้เป็นผล 2 มิติเท่านั้น

ต้องใช้น้ำที่มีความแรงค่อนข้างสม่ำเสมอ และปริมาณที่มากกว่าโต๊ะน้ำทางตั้ง

ต้องใช้ความอดทนและความชำนาญในการทดลอง เนื่องจากปัญหา เรื่อง ฟองอากาศ

2.10.2 เทคนิคอุโมงค์ลม (Wind Tunnel) (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543)

โดยการปล่อยลมผ่านหุ่นจำลองภายในอุโมงค์ลม ซึ่งเป็นอุปกรณ์ทดสอบหุ่นจำลองลักษณะ 3 มิติ เพื่อวัดการเคลื่อนที่ของลม

ข้อดี สามารถทดลองเกี่ยวกับทิศทางกระแสลมในลักษณะ 3 มิติได้ ซึ่งการทดลองโดยใช้ของเหลวจะไม่สามารถทำได้

ข้อเสีย ขนาดเครื่องมือมีขนาดที่ใหญ่ต้องใช้พื้นที่ค่อนข้างมาก

การปรับเปลี่ยนตำแหน่ง หรือเปลี่ยนผนังหุ่นจำลอง ค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากต้องเข้าไปเปลี่ยนภายในอุโมงค์ลม

ต้องใช้คนจำนวนมากในการทดลอง

อุปกรณ์ และหุ่นจำลองมีราคาค่อนข้างแพง ซึ่งในงานวิจัยจะต้องจัดทำหุ่นจำลองจำนวนมากทำให้ค่าใช้จ่ายสูง

หุ่นจำลองแต่ละตัวจะต้องใช้เวลาในการทำ ทำให้การที่จะจัดทำหุ่นจำลองจำนวนมาก จะต้องใช้เวลาทำนาน

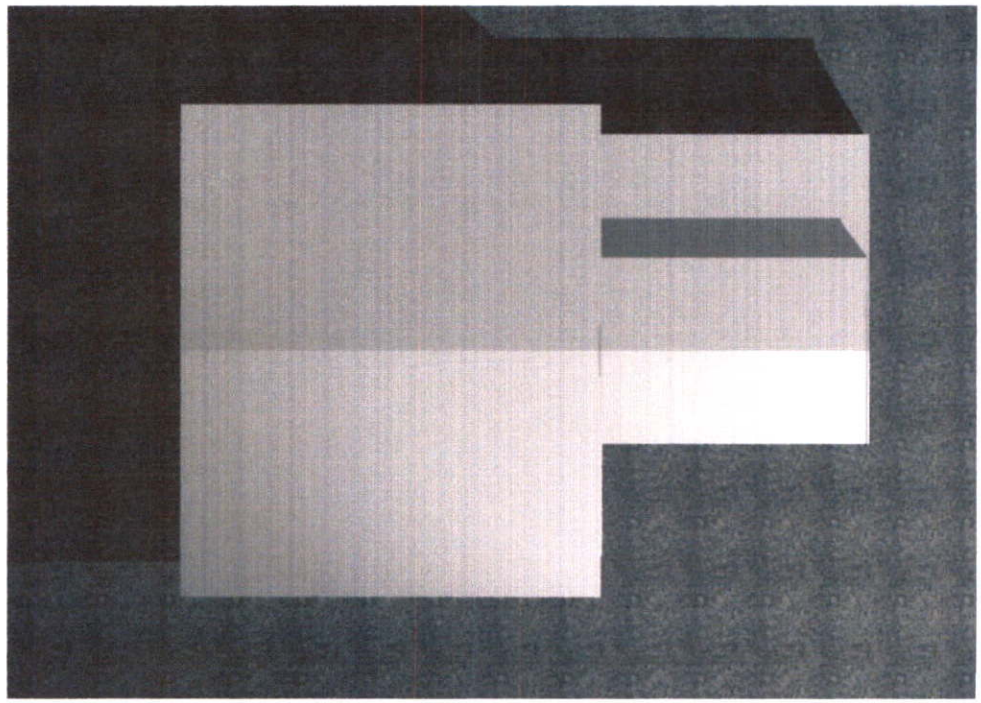
ผลที่ได้ไม่ชัดเจน เนื่องจากควันจะฟุ้งกระจาย และมีทิศทางที่สับสนไม่เห็นทิศทางที่ชัดเจนเท่าที่ควร

เมื่อทดลองไปได้ระยะเวลาหนึ่งควันจะเข้าไปขังภายในหุ่นจำลองทำให้ต้องใช้เวลาในการทำให้ควันจางหายไปก่อนที่จะทำการทดลองต่อไปได้

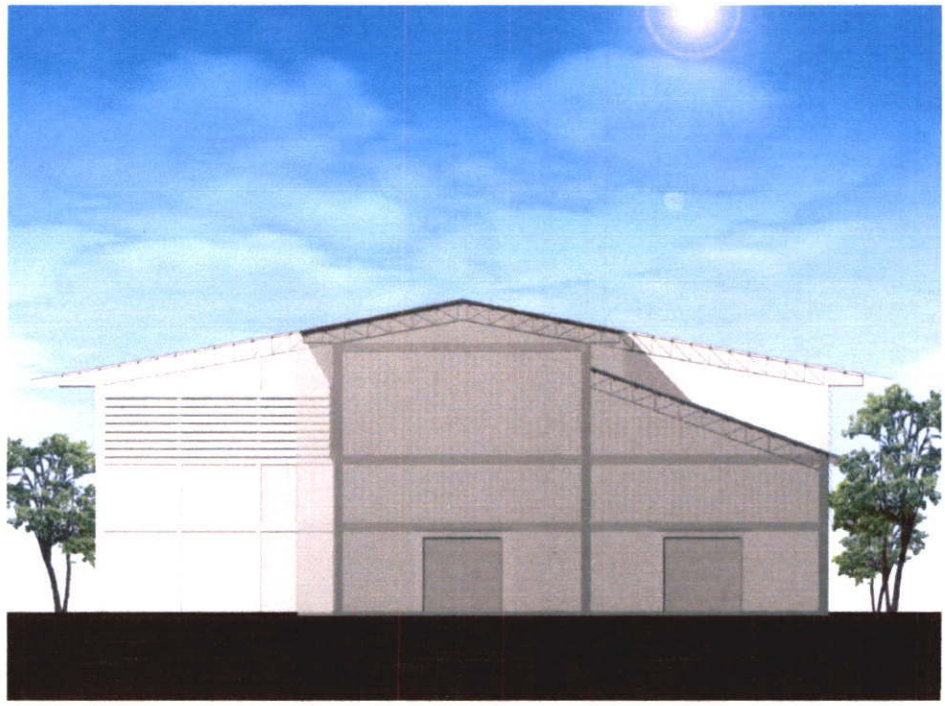
สรุปได้ว่า จากการทบทวนวรรณกรรมถึงวิธีวิจัยที่ผ่านมา สรุปได้ว่าในงานวิจัยนี้จะเป็นการใช้อุโมงค์ลมในการหาอัตราเร็วลมที่สามารถพัดเข้ามาภายในหุ่นจำลองในการทำการทดลอง และการทดลองด้วยวิธีการใช้โต๊ะน้ำในการดูทิศทางกระแสลมเข้า และ กระแสลมออกได้โดยการสังเกตการไหลของน้ำที่ผสมด่างทับทิม

2.11 ตัวอย่างโรงงานผลิตสลักภัณฑ์

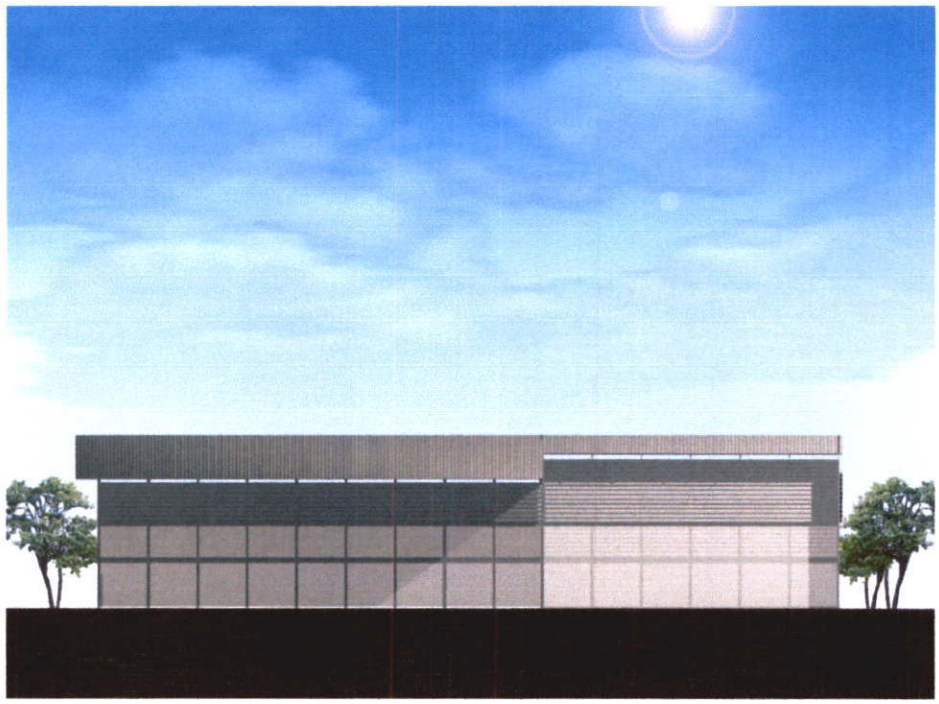
2.11.1 บริษัทสามัคคีสลักภัณฑ์ ตั้งอยู่บนถนนสุขุมวิท ซอย 117 ซึ่งบริเวณรอบข้างโดยรวมเป็นบ้านพักอาศัย และเป็นเขตของชุมชน ซึ่งมีแต่ตึกเล็กๆรายล้อมบริเวณตึกนั้น ต่อไปเป็นการแสดงแปลน รูปด้าน และ ทัศนียภาพของโรงงานสมัคคีสลักภัณฑ์ ดังนี้ (ภาพที่ 2.27 – 2.30)



ภาพที่ 2.27 รูปแบบแปลนของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



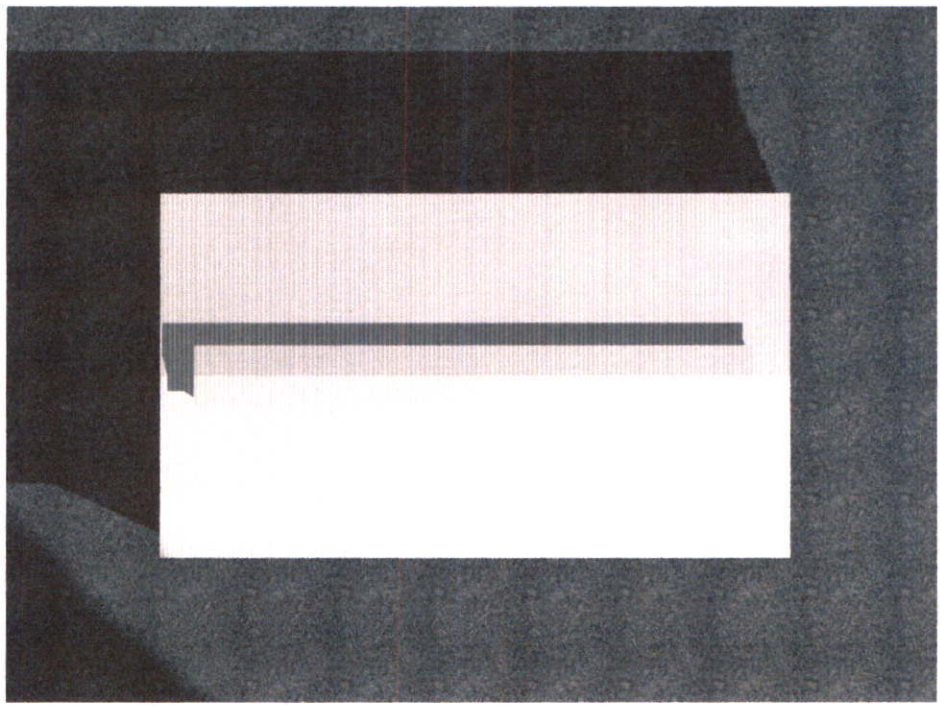
ภาพที่ 2.28 รูปแบบด้านข้างของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



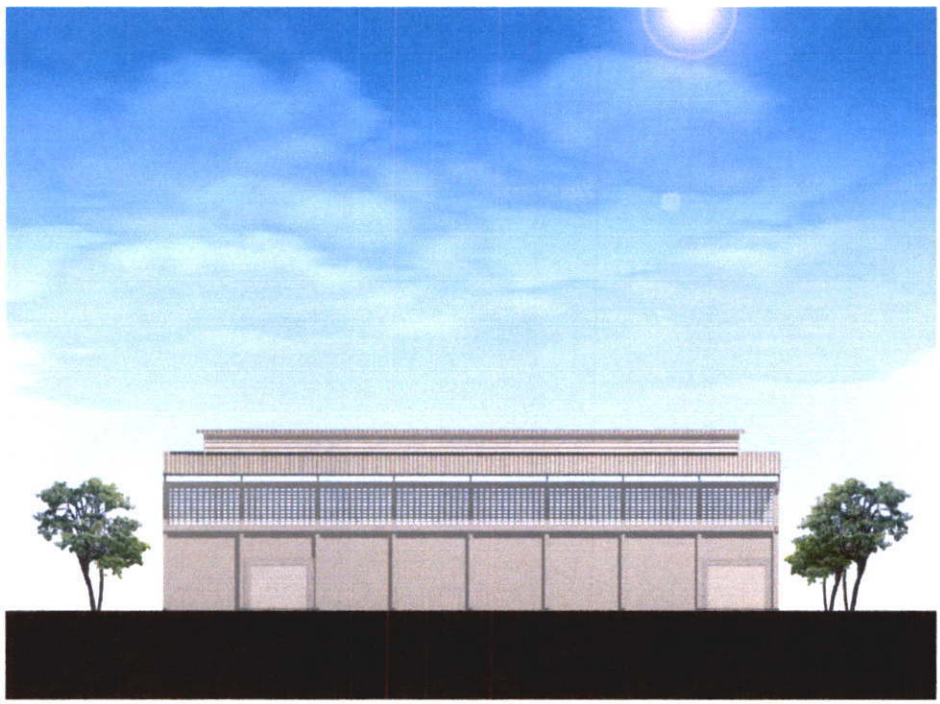
ภาพที่ 2.29 รูปแบบด้านข้างของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

ภาพที่ 2.30 รูปแบบทัศนียภาพของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

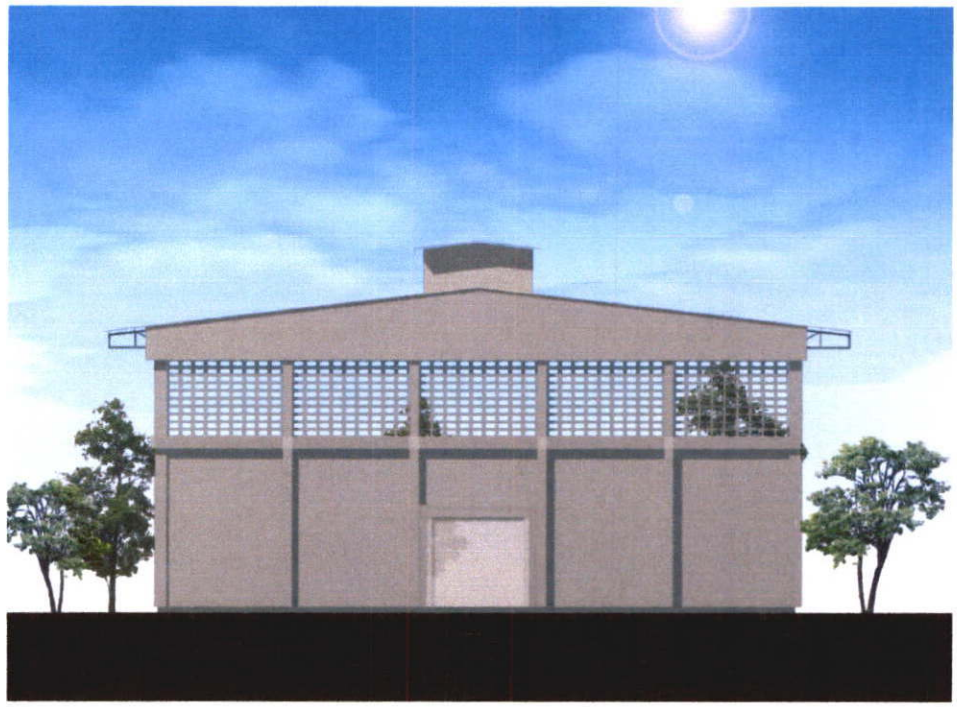
2.11.2 ห้างหุ้นส่วนจำกัดเพิ่มพูลสลักภัณฑ์ และ กลการ ตั้งอยู่บนถนนสุขุมวิท ซอย 105 ซึ่งบริเวณรอบข้างโดยรวมเป็นโรงงานอุตสาหกรรม และเป็นเขตของชุมชนโดยจะมีโรงงานที่ล้อมอยู่เพียง 2 ทิศ ส่วนที่เหลือจะเป็นที่โล่ง และเป็นทุ่งหญ้า ทำให้ลมสามารถเข้าและออกโดยรอบๆ โรงงานอุตสาหกรรมนี้เป็นอย่างดี ต่อไปเป็นการแสดงรูปแบบแปลน และ รูปแบบด้านข้างรวมทั้งรูปแบบทัศนียภาพของโรงงานอุตสาหกรรมแห่งนี้ (ภาพที่ 2.31 - 2.32)



ภาพที่ 2.31 รูปแบบแปลนของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



ภาพที่ 2.32 รูปแบบด้านข้างของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



ภาพที่ 2.33 รูปแบบด้านข้างของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

ภาพที่ 2.34 รูปแบบทัศนียภาพของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

2.12 สรุปส่วนที่จะทำการศึกษาในบทต่อไป

จากการที่ศึกษาข้อมูลต่างๆตามที่กล่าวมาข้างต้นแล้วนั้น ทำให้ผู้วิจัยสามารถเลือกใช้วัสดุที่ทำการทดลอง การวางผังจำลองภายในโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการจำลองขึ้น รวมทั้งการหาพื้นที่ขนาดเครื่องจักรที่ต้องใช้ภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ แต่ต้องเป็นไปตามขบวนการผลิตในบทที่จะทำการศึกษาต่อไป

บทที่ 3
ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 เป้าหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาหารูปแบบช่องระบายอากาศในวัสดุปัจจุบันที่ทำให้กระแสลมไหลเวียนเข้า และออกภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ได้ดี รวมถึงทิศทางการหันอาคาร และ สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อกระแสลมเพื่อทำให้ภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์นั้นลดความร้อนไปได้โดยการใช้กระแสลมไหลเวียนทำให้สภาวะภายในเกิดสภาวะน่าสบายได้

ขั้นตอนการทำวิจัย

3.1.1 หาอุณหภูมิ ภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ และนำผลที่วิเคราะห์สภาพความร้อนภายในของโรงงานอุตสาหรรมสลักภัณฑ์โดยใช้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย และนำมาวิเคราะห์

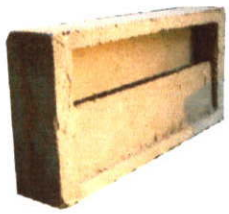
3.1.2 วิเคราะห์ขบวนการผลิต ภายในอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ และ นำผลวิเคราะห์มาจัดผังขบวนการทำงานภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ใหม่โดยคำนึงถึงขบวน และ ขั้นตอนการผลิตภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

3.1.3 วัดขนาดเครื่องจักร ภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ โดยแยกเป็นแต่ละแผนก และ แต่ละชนิดของเครื่องจักรชนิดต่างๆที่ใช้ในขบวนการผลิตอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

3.1.4 หาพื้นที่ใช้สอยของแต่ละเครื่องจักร ภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ โดยแยกออกแต่ละประเภทของเครื่องจักรที่ใช้งาน

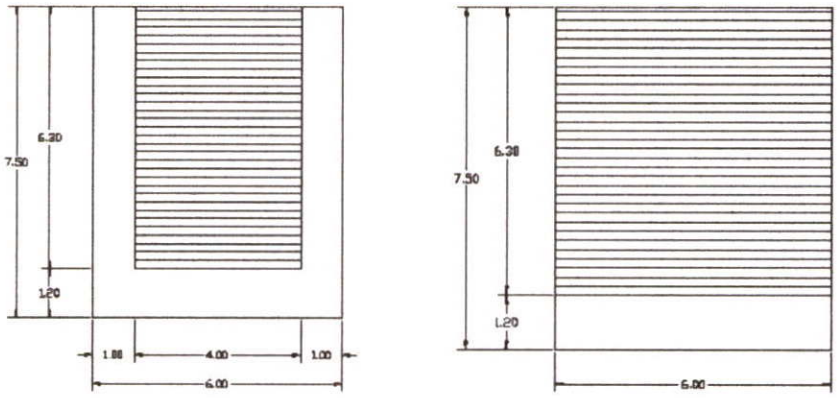
3.1.5 หาขนาดพื้นที่เพื่อจะเจาะช่องระบายอากาศ โดยใช้หลักที่ว่าเปิดช่องระบายอากาศ 2/3 ของผนังทึบจะทำให้กระแสลมไหลเข้า และ ออกได้สะดวกที่สุด โดยต้องเปิดด้านตรงข้ามด้วย ซึ่งการเปิดช่องเพื่อระบายอากาศนั้นจะต้องมีอากาศไหลเวียนเข้า และ ออกภายใน ไม่น้อยกว่า 1/10 ส่วนของพื้นที่ห้อง

3.1.6 นำชนิดของช่องระบายอากาศมาทดลอง เพื่อหากระแสลมที่ไหลเข้าผ่านช่องระบายอากาศรูปแบบใดที่ให้กระแสไหลเข้า และ ออกได้มากที่สุด โดยที่ใช้ความเร็วลมเท่ากับ หรือใกล้เคียงกับอัตราเร็วกรุงเทพฯ คือ 1.5 M/Sec โดยใช้ชนิดช่องระบายอากาศทั้ง 3 อย่าง คือ ช่องเกล็ดกระเบื้อง บล็อกช่องลมชนิดลิ้นคู่ และ บล็อกช่องลมชนิดแบบทแยง 4 ช่อง นอกจากนี้นำค่าความเร็วลมเฉลี่ยของบล๊อกช่องลมทั้ง 2 ประเภทมาเปรียบเทียบเพื่อเลือกใช้บล็อกช่องลมที่มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่กระแสลมพัดออกมาได้ดีที่สุดนำมาใช้ เนื่องจากทั้ง 2 ชนิดมีความเหมือนที่คล้ายกัน คือ น้ำหนัก และ ขนาดของช่องระบายอากาศที่ใกล้เคียงกัน ในแต่ละก้อน



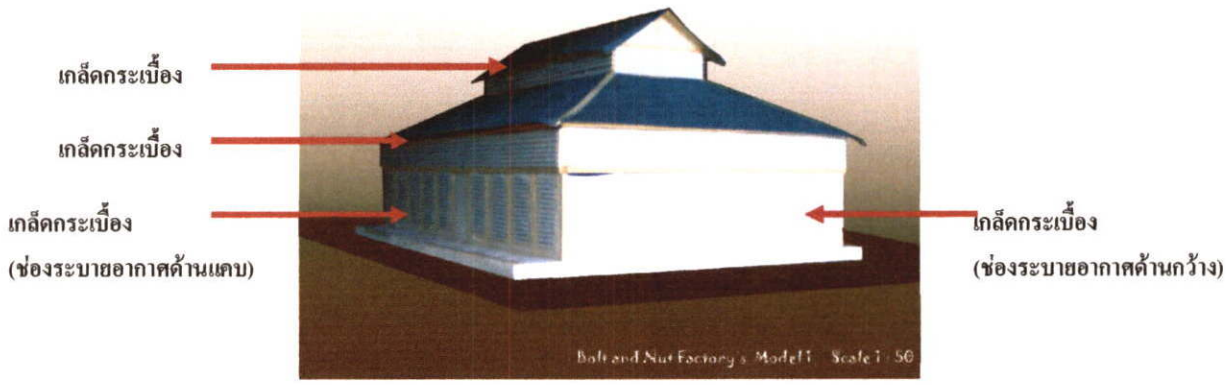
ภาพที่ 3.1 บล็อกช่องลมชนิดลิ้นคู่ และเกล็ดกระเบื้อง

3.1.7 นำเครื่องจักรมาจัดภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ โดยยึดแนวทางที่ว่าให้ช่องระบายอากาศที่มีกระแสลมเข้าแคบกว่าด้านที่มีกระสลมออกโดยนำเครื่องจักรที่ส่งความร้อนไปนำวางไว้ใกล้กับผนังที่เปิดช่องระบายอากาศที่กว้าง หรือ ด้านที่กระแสลมออก เนื่องจากกระแสลมเข้าและออกนั้นจะสามารถนำไอร้อนพัดออกได้อย่างแรง หรือ ถึงแม้กระแสลมร้อนจะพัดผ่านเข้าไปในแต่ละแผนกก็เป็นกระแสลมร้อนที่พัดผ่านได้น้อย

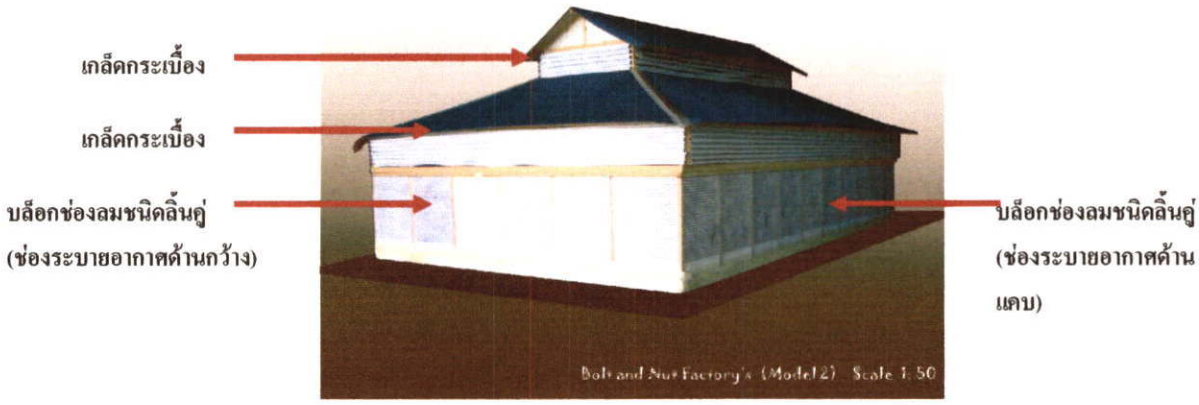


ภาพที่ 3.2 ผนังช่องระบายอากาศที่มีกระแสลมเข้าแคบ ผนังช่องระบายที่มีกระแสลมออกที่กว้าง

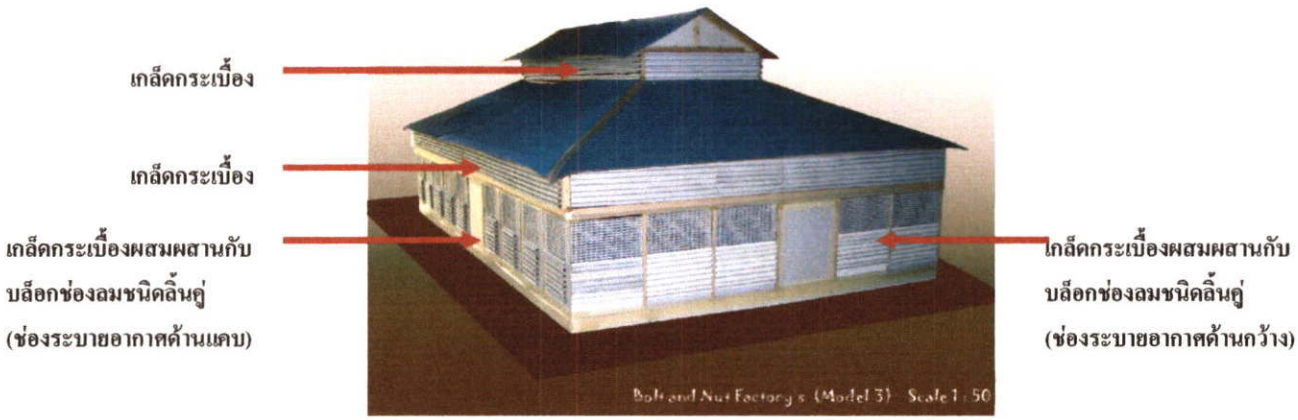
3.1.8 หารูปแบบจำลอง โดยนำเอาวัสดุทั้ง 2 คือ ช่องเกล็ดกระเบื้อง และ บล็อกช่องลมชนิดลิ้นคู่ หารูปแบบจำลอง ซึ่งสามารถหาได้ 3 แบบ กับวัสดุทั้ง 2 อย่าง คือ แบบเปิดช่องเกล็ดกระเบื้องทั้งหมด แบบช่องเปิดโดยใช้บล็อกช่องลมชนิดลิ้นคู่ทั้งหมด และ แบบผสมระหว่างช่องเปิดกระเบื้องกับบล็อกช่องลมชนิดลิ้นคู่



ภาพที่ 3.3 รูปแบบจำลองที่ 1 ช่องระบายอากาศชนิดเกล็ดกระเบื้อง

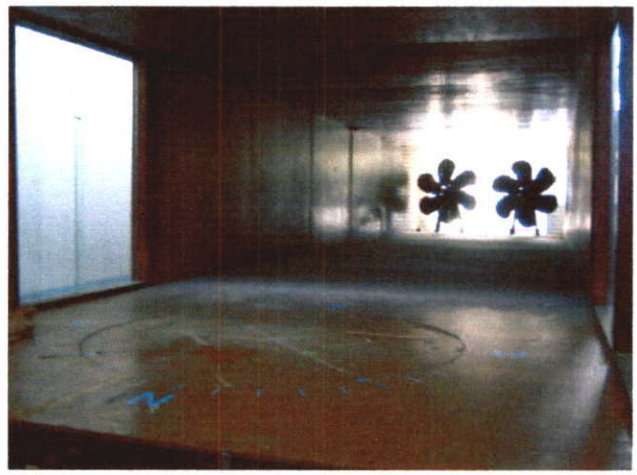


ภาพที่ 3.4 รูปแบบจำลองที่ 2 ช่องระบายอากาศชนิดบล็อกช่องลมชนิดลิ้นคู่



ภาพที่ 3.5 รูปแบบจำลองที่ 3 ช่องระบายอากาศชนิดเกล็ดกระเบื้อง ผสมกับบล็อกช่องลมชนิดลิ้นคู่

3.1.9 เมื่อได้แบบจำลองแล้วนั้นนำมาหาอัตราเร็วภายในแบบจำลอง โดยให้กระแสลมพัดเท่ากับหรือใกล้เคียงกับกระแสลมของกรุงเทพฯ(1.50 M/Sec) โดยทำการทดลองกับแบบจำลองทั้ง 3 แบบ คือ แบบเปิดช่องเกล็ดกระเบื้องทั้งหมด แบบช่องเปิดโดยใช้บล็อกช่องลมชนิดลิ้นคู่ทั้งหมด และ แบบผสมระหว่างช่องเปิดกระเบื้องกับบล็อกช่องลมชนิดลิ้นคู่ เพื่อหาว่ารูปแบบที่สามารถทำให้กระแสลมไหลเข้า และ ออกภายในได้ดีที่สุด และนำมาหาค่าเฉลี่ยโดยทำการทดลองเพียง 3 ทิศทาง

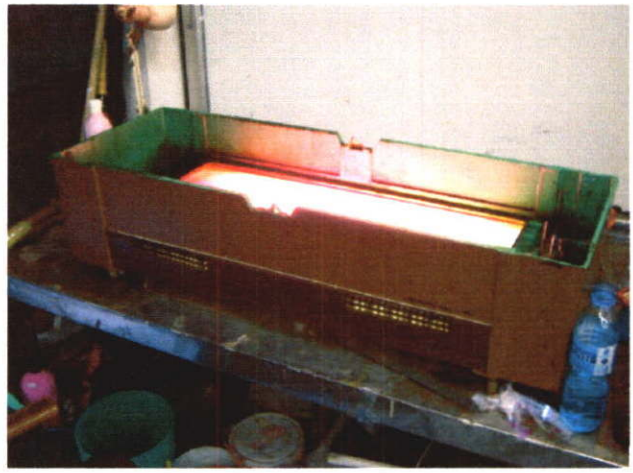


ภาพที่ 3.6 อุโมงค์ลมที่ใช้ทดสอบ เพื่อหาอัตราเร็วลมภายในรูปแบบจำลองต่างๆ

ภาพที่ 3.7 เครื่องมือที่ใช้วัดหาอัตราเร็วลม อุณหภูมิ และ ความชื้นสัมพัทธ์

3.1.10 นำผังของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์มาทำเป็นรูปตัด และ นำมาทดลองกับโต๊ะน้ำ เพื่อดูลักษณะการไหลของอากาศเข้า และ ออกภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์จากรูปตัดของแบบจำลอง นอกจากนี้แล้วนำผังที่ได้มาพิจารณาการไหลของกระแสลมเข้า และออกของ 3

ทิศทางเพื่อให้ทราบว่า การวางผังจำลองรูปแบบไหนที่ทำให้กระแสลมสามารถพัดเข้า และ ออก ได้มากดีที่สุด



ภาพที่ 3.8 โต๊ะน้ำเป็นเครื่องมือที่ใช้หาลักษณะการไหลของกระแสลม

3.2 การแปลงนิยามด้านมโนทัศน์ เป็นนิยามปฏิบัติการ

ตารางที่ 3.1 การแปลงนิยามด้านมโนทัศน์ เป็นนิยามปฏิบัติการ

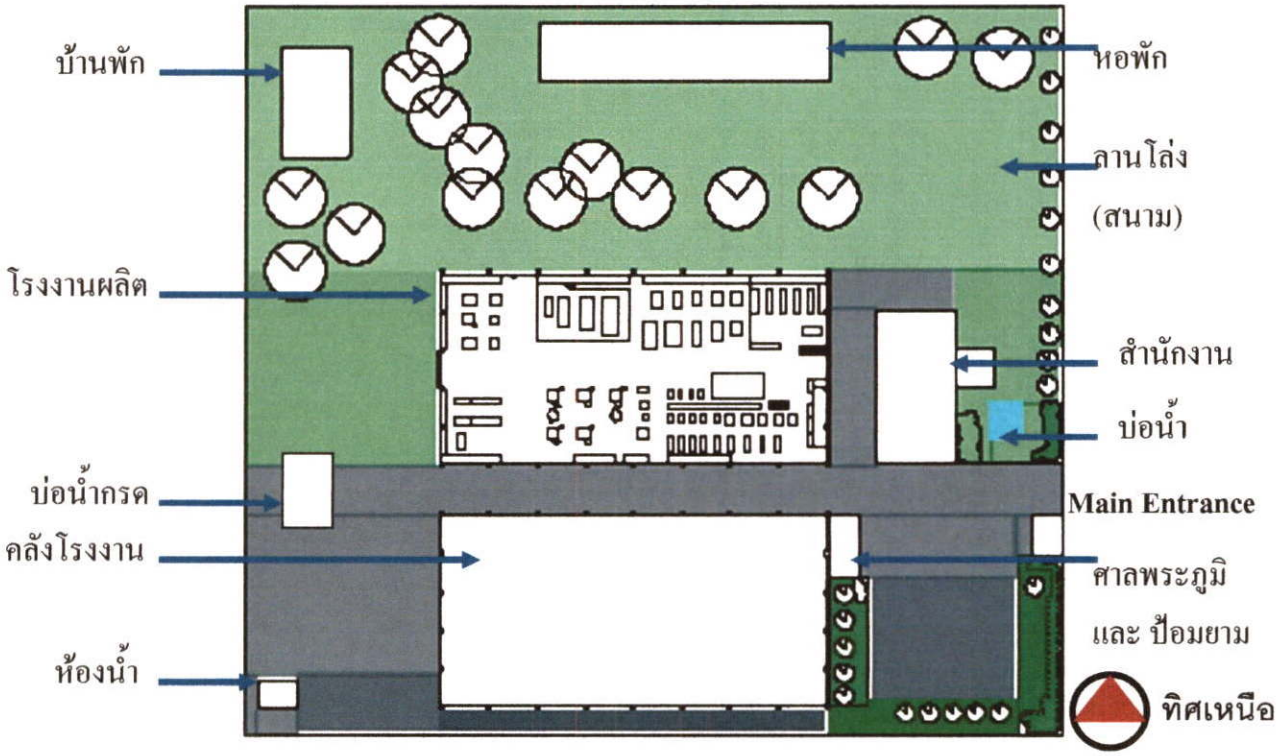
นิยามศัพท์มโนทัศน์	นิยามปฏิบัติการ
ตัวแปรอิสระ	
1. สภาพแวดล้อมภายนอก	**1. สภาพแวดล้อมภายนอก** - ต้นไม้ บ่อน้ำ สนามหญ้า และ พื้นคอนกรีต ฯลฯ
ตัวแปรควบคุม	
1. ผังพื้น ในงานวิจัยหมายถึง การจัดวางเครื่องจักรต่างๆ ที่สามารถผลิตเป็นน็อตสกรู ภายในโรงงานอุตสาหกรรม	**1. ผังพื้น** - จัดเครื่องมือ และ เครื่องจักรตามขบวนการการผลิตสลักภัณฑ์
2. ขนาดอาคาร ในงานวิจัย หมายถึง ขนาดพื้นที่ที่มีการทำกิจกรรมการผลิตภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์	**2. ขนาดอาคาร** - ขนาดนั้นขึ้นอยู่กับขบวนการผลิตภายในโรงงานอุตสาหกรรม โดยจะมีอัตราส่วนของอาคาร ประมาณ 1:1.7 ของพื้นที่
3. ระดับที่จะเปิดช่องหน้าต่าง ในงานวิจัย หมายถึงความสูงของช่องหน้าต่างที่จะทำการทดลอง	**3. ระดับที่จะเปิดช่องหน้าต่าง** - อยู่ในระดับช่วงตัวของพนักงานที่ยืน คือ 1.20 เมตร เนื่องจากเป็นระดับที่มีการยืนในขบวนการทำงาน
4. ขนาดช่องระบายอากาศ ในงานวิจัย หมายถึง ขนาดพื้นที่ของช่องเปิดที่ทำให้ลมสามารถเข้า-ออกได้	**4. ขนาดช่องระบายอากาศ** - ขนาดช่องเปิด ด้านที่กระแสลมเข้าเป็นด้านที่แคบกว่าด้านที่กระแสลมออก
5. ชนิดของระบายอากาศ ในงานวิจัย หมายถึงส่วนประกอบอาคารที่มีผลต่ออัตราเร็วลม	**5. ชนิดของช่องระบายอากาศ** - กระเบื้องเกล็ด (Louver) - บล็อกช่องลมแบบชนิดกันฝน แบบ ลิ้นคู่

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

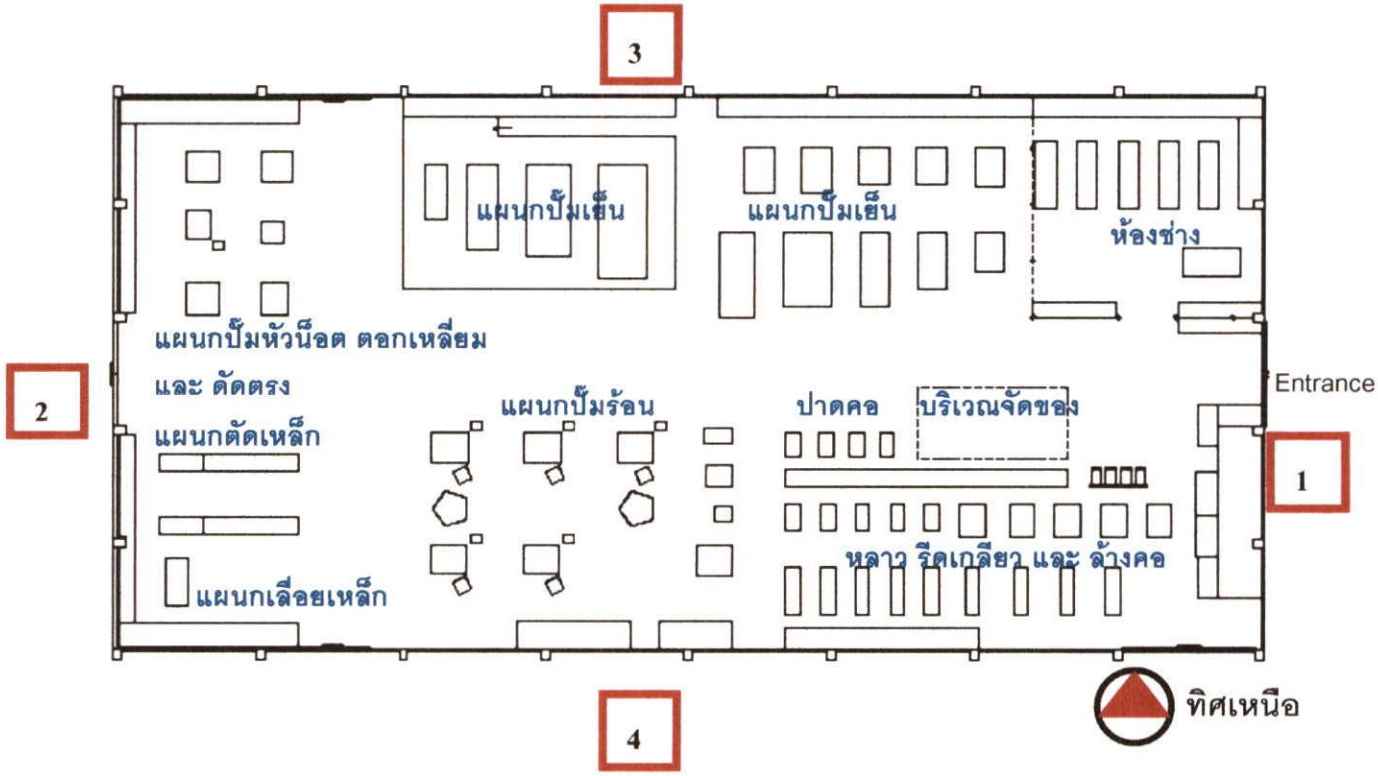
นิยามศัพท์มโนทัศน์	นิยามปฏิบัติการ
ตัวแปรตาม	
1. การระบายอากาศ ในงานวิจัย หมายถึง การเคลื่อนที่ของอากาศเก่าภายในอาคารนั้นออกไป และมีอากาศใหม่มาแทน	**1. การระบายอากาศ** - ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ของพื้นที่ใช้งานตามแผนกต่างๆ - อัตราความเร็วลมภายในอาคารจำลองของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ - ทิศทางการหันของตัวอาคาร เพื่อการรับลมได้มาก และก่อให้เกิดสภาวะน่าสบายเชิงความร้อน - ลักษณะ หรือ รูปแบบการไหลของกระแสลมต่อภายในรูปแบบจำลองทั้ง 3 ประเภท รวมทั้งผังในขบวนการผลิตที่มีการจัดผังใหม่

3.3 ปัญหาของการระบายอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

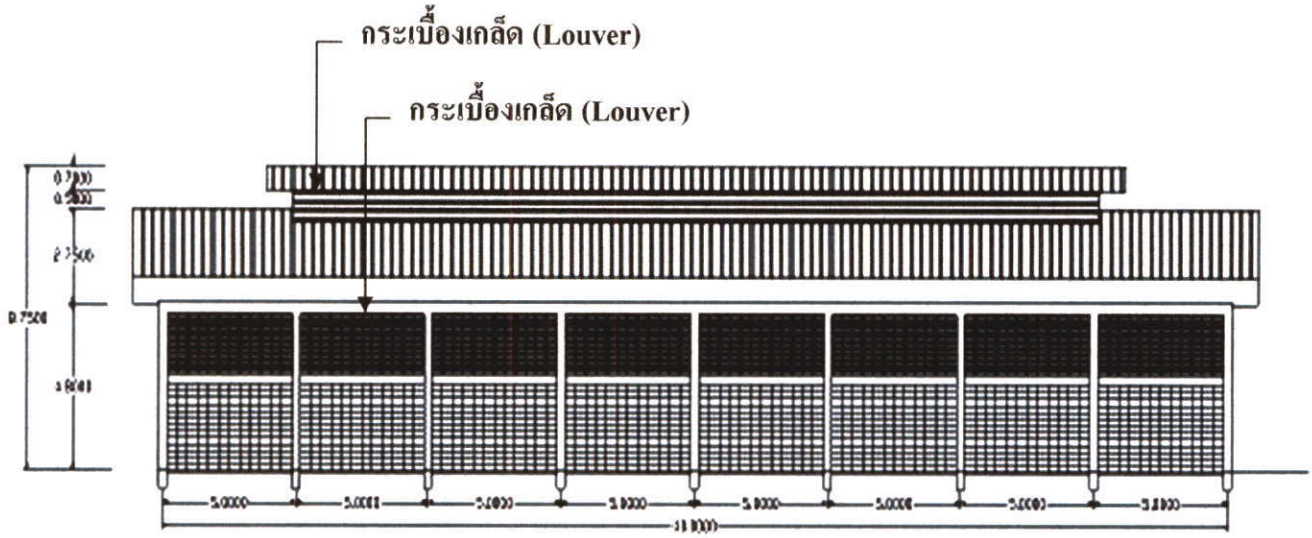
จากการศึกษาปัญหาของโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ความร้อนในขบวนการผลิตสกรูน็อตแล้วพบว่าภายในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่แตกต่างกับอุณหภูมิภายนอกประมาณ 6 องศาเซลเซียส ทำให้ผู้วิจัยได้เล็งเห็นปัญหาของโรงงานสลักภัณฑ์ที่มีมาแต่เดิม จากกรณีศึกษามีการวางผังเดิมตามนี้



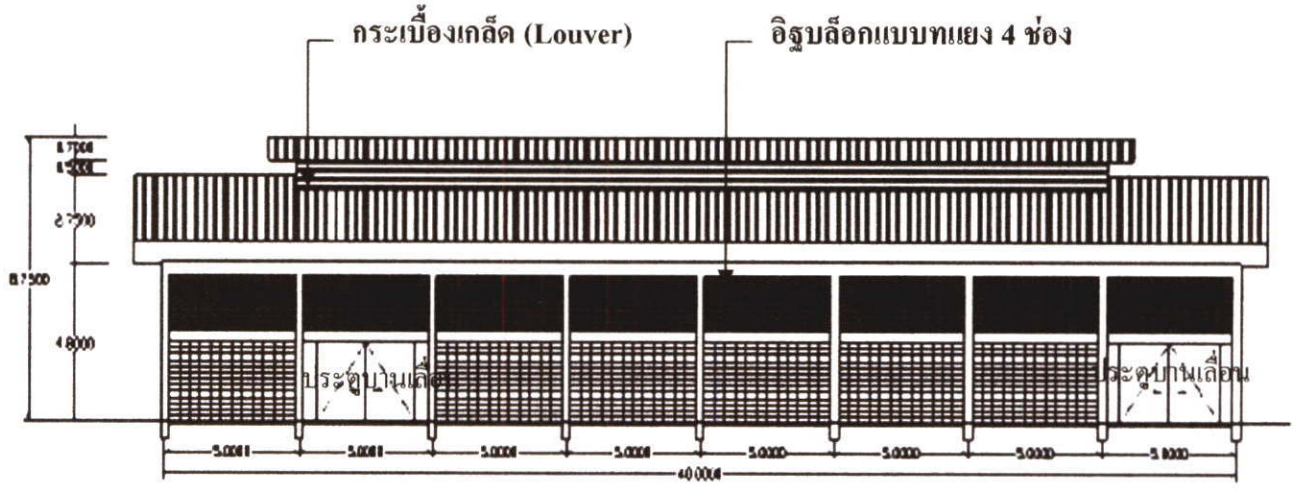
ภาพที่ 3.9 ผังบริเวณเดิมโดยรวมของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



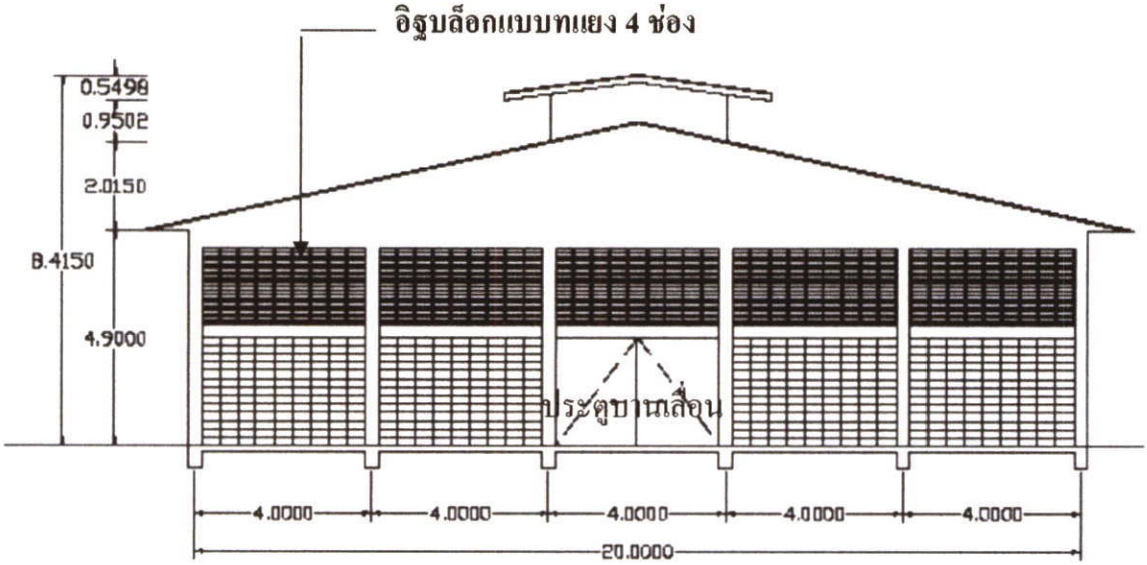
ภาพที่ 3.10 ผังการจัดวางเครื่องจักรเดิมของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



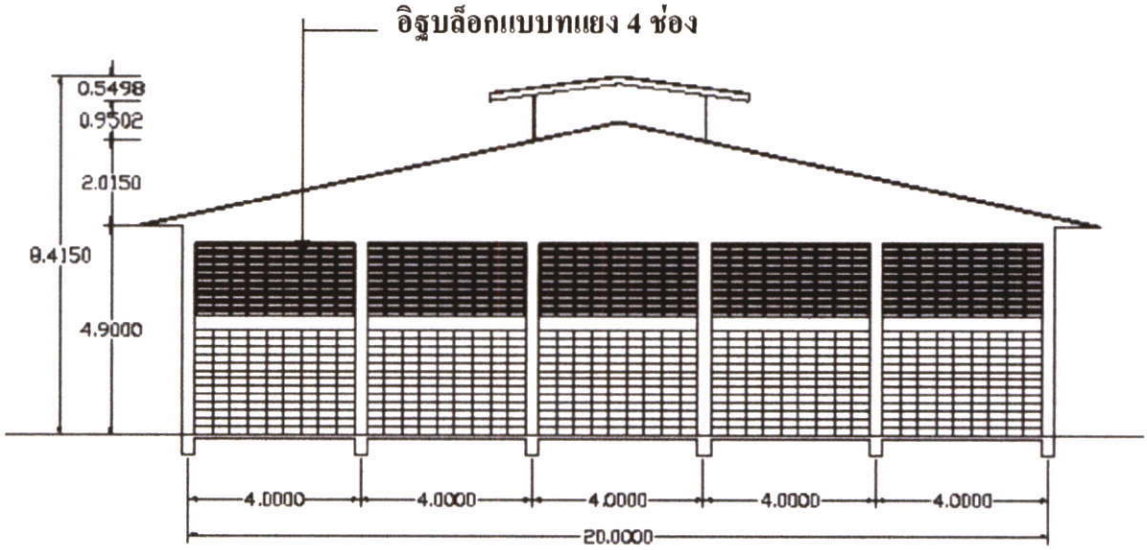
ภาพที่ 3.11 รูปด้านที่ 1 ของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



ภาพที่ 3.12 รูปด้านที่ 2 ของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



ภาพที่ 3.13 รูปด้านที่ 3 ของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



ภาพที่ 3.14 รูปด้านที่ 4 ของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

จากการสำรวจตามพื้นที่ต่างๆ และ วัดอุณหภูมิตามจุดที่มีการใช้งานของเครื่องจักรพบว่า มีอัตราความร้อนที่สูงมาก สรุปได้ดังนี้

1. แผนกปั๊มร้อน ที่มีการใช้แก๊สในการช่วยเผาเหล็ก ซึ่งจะมีอุณหภูมิดังนี้

-อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณตำแหน่งรอบๆเครื่องจักรอยู่ที่ประมาณ 35.73 องศาเซลเซียส

-ส่วนอุณหภูมิตำแหน่งพนักงานที่ทำงานอยู่จะมีอุณหภูมิเฉลี่ย คือ 39.45 องศาเซลเซียส

-ส่วนบริเวณตำแหน่งเครื่องจักรมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 38.85 องศาเซลเซียส

2. บริเวณทางด้านปั๊มหัวน็อต จะมีอุณหภูมิดังนี้

-บริเวณตำแหน่งรอบๆจะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 34.20 องศาเซลเซียส

- บริเวณตำแหน่งที่พนักงานทำงานจะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 39.90 องศาเซลเซียส

- บริเวณตำแหน่งเครื่องจักรมีอุณหภูมิเฉลี่ย 36.00 องศาเซลเซียส

3. แผนกตัดเหล็ก จะมีอุณหภูมิดังนี้

- บริเวณตำแหน่งรอบๆจะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 32.83 องศาเซลเซียส

- บริเวณตำแหน่งที่พนักงานทำงานจะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 34.50 องศาเซลเซียส

- บริเวณตำแหน่งเครื่องจักรมีอุณหภูมิเฉลี่ย 33.30 องศาเซลเซียส

4. แผนกห้องช่าง และ บริเวณจัดส่ง จะมีอุณหภูมิดังนี้

- บริเวณตำแหน่งรอบๆจะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 34.04 องศาเซลเซียส

- บริเวณตำแหน่งที่พนักงานทำงานจะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 33.80 องศาเซลเซียส

- บริเวณตำแหน่งเครื่องจักรมีอุณหภูมิเฉลี่ย 33.70 องศาเซลเซียส

5. แผนกรีดเกลียว เหลา ปาดคอ และ ทุบ จะมีอุณหภูมิดังนี้

- บริเวณตำแหน่งรอบๆจะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 33.44 องศาเซลเซียส

- บริเวณตำแหน่งที่พนักงานทำงานจะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 33.46 องศาเซลเซียส

- บริเวณตำแหน่งเครื่องจักรมีอุณหภูมิเฉลี่ย 33.29 องศาเซลเซียส

6. แผนกปั๊มเย็น จะมีอุณหภูมิดังนี้

- บริเวณตำแหน่งรอบๆจะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 34.80 องศาเซลเซียส

- บริเวณตำแหน่งที่พนักงานทำงานจะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 32.32 องศาเซลเซียส

- บริเวณตำแหน่งเครื่องจักรมีอุณหภูมิเฉลี่ย 33.30 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาพบว่าปัญหาการระบายความร้อนออกนั้นไม่สามารถระบายได้อย่างทันท่วงที ก่อให้เกิดความร้อนสะสมภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ได้ โดยเฉพาะบริเวณที่มีการใช้ความร้อนเป็นปัจจัยในขบวนการผลิตจะเกิดความร้อนสะสมมาก มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในอยู่ที่ 33-39.90 องศาเซลเซียส ซึ่งต่างจากภายนอกประมาณ 6 องศาทำให้ภายในมีการไหลเวียนอากาศที่ไม่ดี ซึ่งความร้อนไม่สามารถกระจายออกได้อย่างทันท่วงที

3.4 ขบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

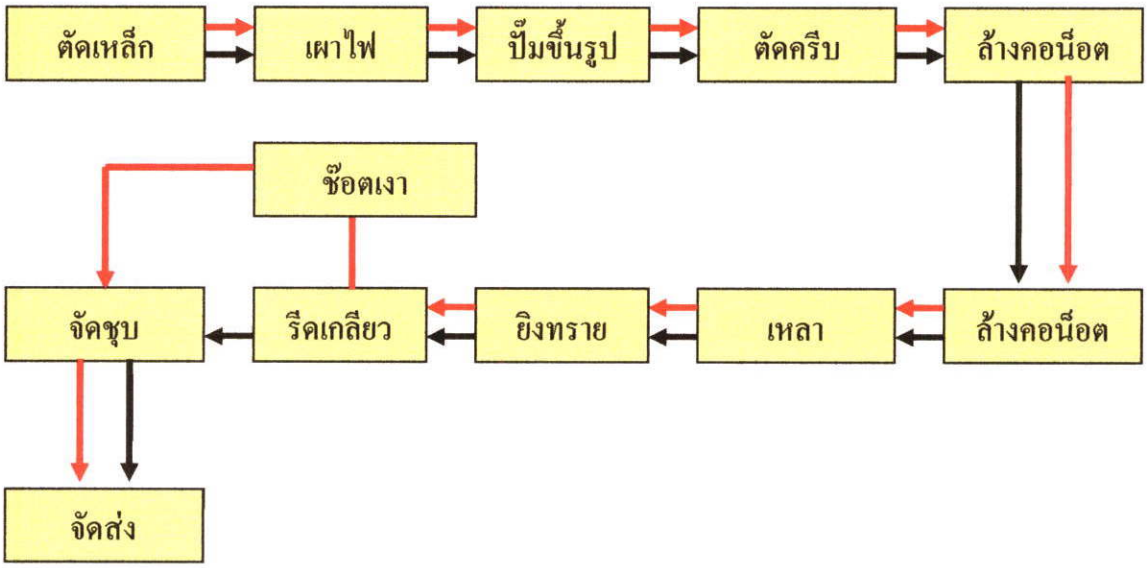
จากกรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์นั้น มีกระบวนการผลิตสลักภัณฑ์อยู่ 2 วิธี คือ การขึ้นรูป โดยใช้ความร้อนซึ่งต้องอาศัยแก๊ส และการปั๊มขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ ซึ่งทั้งสองแบบจะมีคุณภาพที่แตกต่างกัน คือ การใช้ความร้อนในการขึ้นรูปจะมีความคงทนกว่าน๊อตที่มีการปั๊มด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ และมีการใช้งานมีระยะที่ยาวนานกว่า แต่ข้อเสียของปั๊มร้อน คือ

ความสวยงามนั้นน้อยกว่าปั๊มเย็น โดยแต่ละขบวนการผลิตนั้นสามารถแบ่งออกเป็นแผนกต่างๆ ได้เป็น 7 แผนกใหญ่ๆ คือ

1 แผนกเหลา รีดเกลียว และ ปาดคอ
2 แผนกตัดเหล็ก
3 แผนกต๊าปเกลียว
4 แผนกปั๊มร้อนขึ้นรูป
5 แผนกซ่อมบำรุง
6 แผนกปั๊มหัวน็อต
7 แผนกปั๊มอัตโนมัติ

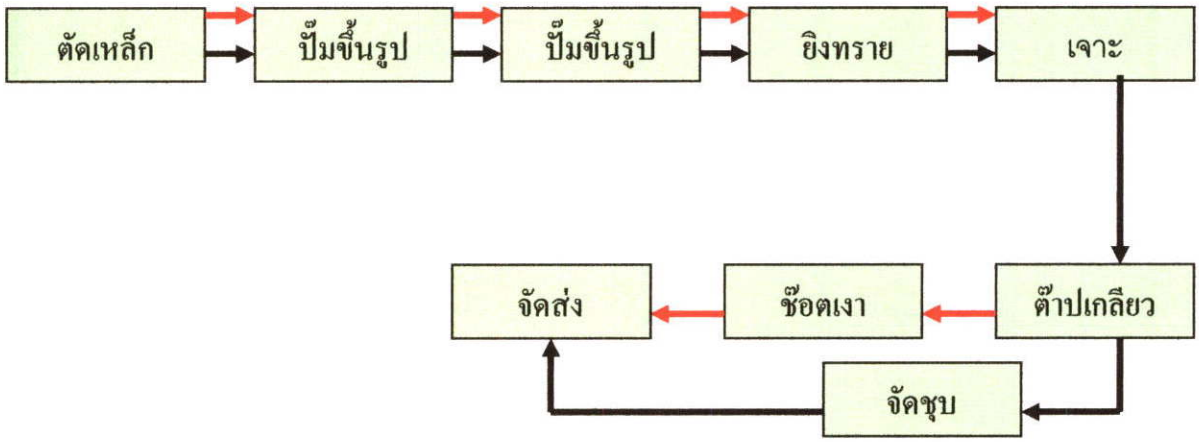
โดยแต่ละแผนกก็จะมีหน้าที่ที่แตกต่างกันไปตามขั้นตอนการผลิตสลักภัณฑ์ ซึ่งจะแยกไปตามแผนกต่างๆ มีขั้นตอนการผลิต เป็นดังนี้

การปั๊มน็อตขึ้นรูปด้วยวิธี ปั๊มร้อน



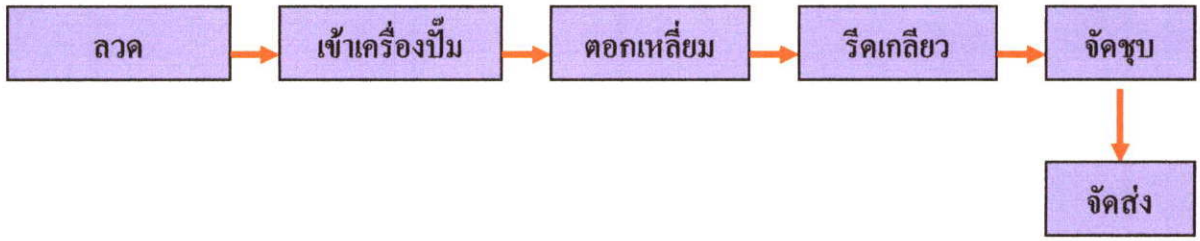
กราฟที่ 3.1 ขบวนการผลิตสลักภัณฑ์ด้วยวิธีปั๊มร้อนภายในโรงงานอุตสาหกรรม

การปั๊มปีหัวน๊อตขึ้นรูปด้วยวิธีปั๊มร้อน



กราฟที่ 3.2 ขบวนการผลิตหัวน๊อต ด้วยวิธีปั๊มร้อนภายในโรงงานอุตสาหกรรม

การปั๊มน็อตแผนกปั๊มเย็น



กราฟที่ 3.3 ขบวนการผลิตสลักภัณฑ์ โดยวิธีปั๊มเย็นภายในโรงงานอุตสาหกรรม

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนเป็นขบวนการผลิตสลักภัณฑ์

ขบวนการผลิตด้วยสแตนเลส

ขบวนการผลิตด้วยเหล็ก

ขบวนการผลิตด้วยขดลวด

ส่วนแผนกห้องช่าง จะทำหน้าที่ บำรุงรักษาเครื่อง เช่น การกลึงลูกรีด การทำตัวต๊าป และ การทำอะไหล่ให้กับแผนกต่างๆที่เครื่องจักรมีปัญหา เป็นต้น

3.5 ความต้องการของพื้นที่ต่อเครื่องจักรที่ต้องการใช้

สามารถแบ่งประเภทของเครื่องจักรออกเป็น 24 ประเภทใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 ความต้องการพื้นที่ของเครื่องจักร

ข้อมูล	เนื้อที่					
ชื่อเครื่องจักร	พื้นที่เครื่องจักร	ความสูง	พื้นที่ทำงาน	รวม	จำนวนเครื่อง	รวมพื้นที่ที่ต้องการทั้งหมด
1. เครื่องกลึง	2.08	1.30	11.92	14.00	5 เครื่อง	70.00
2. เครื่องรีดเกลียว	3.75	1.15	6.325	10.075	5 เครื่อง	50.375
3 เครื่องปาดหัว	0.54	1.00	9.756	10.296	3 เครื่อง	30.888
4 เครื่องเหลา	0.57	1.00	14.97	15.51	2 เครื่อง	31.02
5 เครื่องล้างคอ	0.57	1.00	14.97	15.51	6 เครื่อง	93.06
6 เครื่องเจาะหัวน็อตเล็ก	1.3225	2.00	9.86	11.1825	2 เครื่อง	22.365
7 เครื่องเจาะหัวน็อตใหญ่	1.485	2.65	10.94	12.425	1 เครื่อง	12.425
8 เครื่องปั๊มหัวน๊อต	0.8446	2.40	14.55	15.3946	1 เครื่อง	30.7892
9 เครื่องปั๊มหัวน็อตและ เครื่องขึ้นรูป	1.7725	4.40, 2.80	19.385	21.1575	1 ชุด	21.1575
10 เครื่องทุบเหล็ก (ใหญ่)	1.2768	1.80	13.392	14.668	1 เครื่อง	14.668
11 เครื่องทุบเหล็ก(เล็ก)	0.693	1.70	10.719	11.412	1 เครื่อง	11.412
12 เครื่องทำแหวน	0.3286	1.70	9.399	10.0562	1 เครื่อง	10.0562
13 เครื่องตอกเหลี่ยม	1.0752	2.40	11.808	12.8832	1 เครื่อง	12.8832
14 เครื่องปั๊มน็อต	1.20	2.80	15.60	16.80	2 เครื่อง	33.60
15 เครื่องปั๊มน๊อตใหญ่	3.50	5.20	28.125	31.625	1 เครื่อง	31.625
16 เครื่องปั๊มน๊อต	1.3356	2.80	15.96	17.30	3 เครื่อง	51.90
17 เครื่องตัดเหล็กเล็ก	3.12	2.40	25.35	28.47	2 เครื่อง	56.94
18 เครื่องตัดเหล็กใหญ่	0.6438	2.80	28.7718	29.4156	1 เครื่อง	29.4256

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

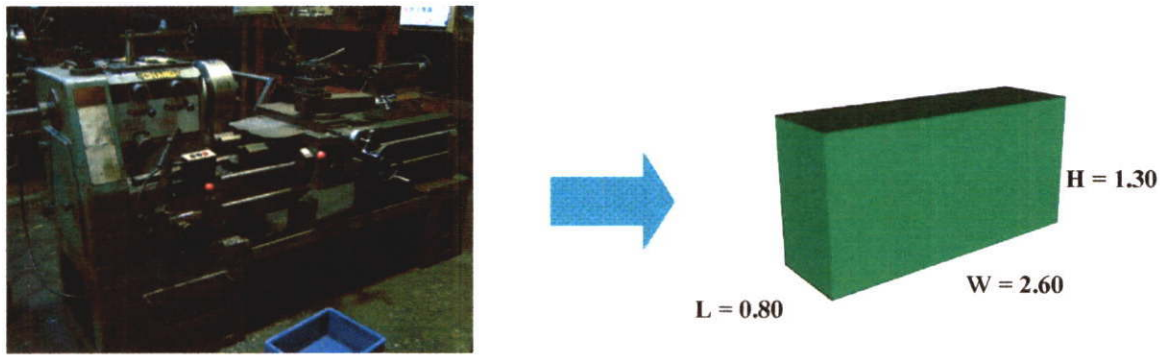
ข้อมูล	เนื้อที่					
ชื่อเครื่องจักร	พื้นที่เครื่องจักร	ความสูง	พื้นที่ทำงาน	รวม	จำนวนเครื่อง	รวมพื้นที่ที่ต้องการทั้งหมด
19 เครื่องต๊าปเกลียว	1.805	1.70	22.45	24.255	6 เครื่อง	24.255
20 เครื่องไสเหล็ก	2.60	1.40	16.75	19.35	1 เครื่อง	19.35
21 เครื่องปั๊มน็อต (แผนกปั๊มเย็น)	6.80	1.53	78.70	85.50	4 เครื่อง	85.50
22 เครื่องตอกเหลี่ยม (แผนกปั๊มเย็น)	2.40	1.40	18.60	21.00	4 เครื่อง	84.00
23 เครื่องรีดเกลียว (แผนกปั๊มปีเย็น)	4.42	1.55	21.90	26.32	1 เครื่อง	26.32
24 เครื่องรีดเกลียว (แผนกปั๊มเย็น)	3.75	1.55	21.75	25.50	1 เครื่อง	25.50
25 เครื่องรีดเกลียว (แผนกปั๊มเย็น)	2.86	1.60	20.10	22.96	1 เครื่อง	22.96
24 เครื่องรีดเกลียว (แผนกปั๊มเย็น)	2.496	1.55	19.32	21.816	2 เครื่อง	43.632
24 เครื่องเจียร	0.42	0.65	1.00	1.42	1 เครื่อง	1.42
26 เครื่องดัดเหล็ก	0.75	1.30	14.25	15.00	1 เครื่อง	15.00
27 เครื่องยิงทราย	3.75	4.80	18.75	22.50	1 เครื่อง	22.50
29 เครื่องสว่างเจาะเหล็ก	0.18	1.05	2.86	3.04	1 เครื่อง	3.04
30 หินรับมีดกลึง	0.162	0.40	0.838	1.00	4 เครื่อง	1.00
31 เครื่องเจียรแม่พิมพ์	0.22	1.10	2.50	2.72	1 เครื่อง	2.75
32 เครื่องเลื่อยเหล็ก	0.8932	1.30	11.57	12.00	1 เครื่อง	12.00

ดังนั้นรวมพื้นที่เครื่องจักรใช้งานทั้งหมด 1,357.34 ตารางเมตร ทั้งนี้ยังไม่ได้รวมทางเดินหลัก และ ทางเดินรอง ซึ่งทางเดินหลักจะมีความกว้าง 5 เมตร เนื่องจากความกว้างของเครื่องจักรสูงสุดประมาณ 2.50 เมตร (อีก 2.50 จะเป็นของเครื่องยกเครื่องจักร เข้า และ ออก) ส่วนทางสัญจร

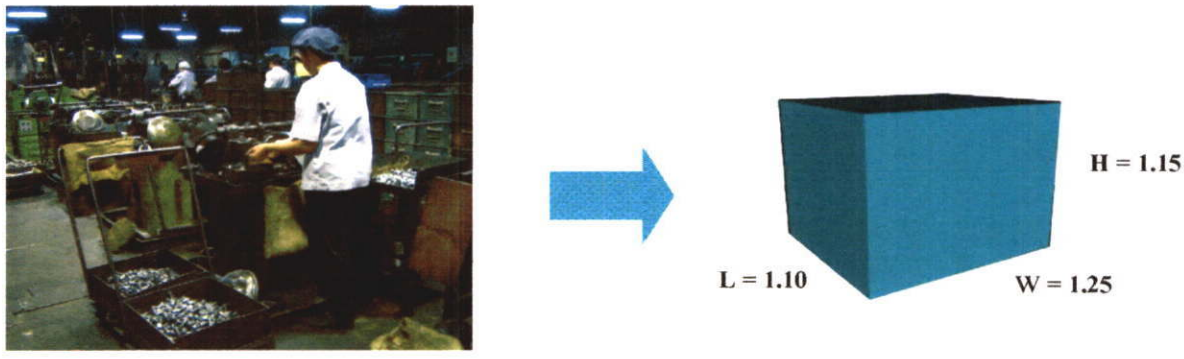
รองนั้นจะมีความกว้างประมาณ 1.50- 2.00 เมตร เนื่องจากการที่ใช้รถเข็นในการเคลื่อนที่สวนกันเพื่อไปเอาผลิตภัณฑ์จากแผนกต่างๆ แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นกับเครื่องจักรที่ใช้งาน และระยะที่ต้องการจากการใช้งานนั้นๆ ซึ่งรวมพื้นที่เครื่องจักร และ พื้นที่ที่ทางสัญจรของโรงงานประมาณ 1,840.34 ตารางเมตร จากตัวอย่างโรงงานผลิตสลักภัณฑ์จะเห็น พื้นที่ที่ใช้งานในขบวนการผลิต ประมาณ 1,882 ตารางเมตร (กว้าง 53.50 และยาว 68.00 เมตร) ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนได้ประมาณ 1:1.27 ของพื้นที่ทั้งหมด

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า จากการทบทวนวรรณกรรม รูปแบบโรงงานอุตสาหกรรมที่ดีที่สุดควรจะเป็น 1:1.7 และรูปแบบผังของโรงงานอุตสาหกรรมควรที่จะเป็นแบบ โรงงานชั้นเดียว และโครงสร้างหลังคาเป็นแบบ Monitor เนื่องจากง่ายต่อการปรับเปลี่ยน รวมทั้งการมีช่องระบายอากาศด้ายบนช่วยจะทำให้การระบายอากาศดียิ่งขึ้น โดยความร้อน นอกจากนี้ควรเป็นการออกแบบง่ายเพื่อการหยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนและการเคลื่อนย้ายสูง

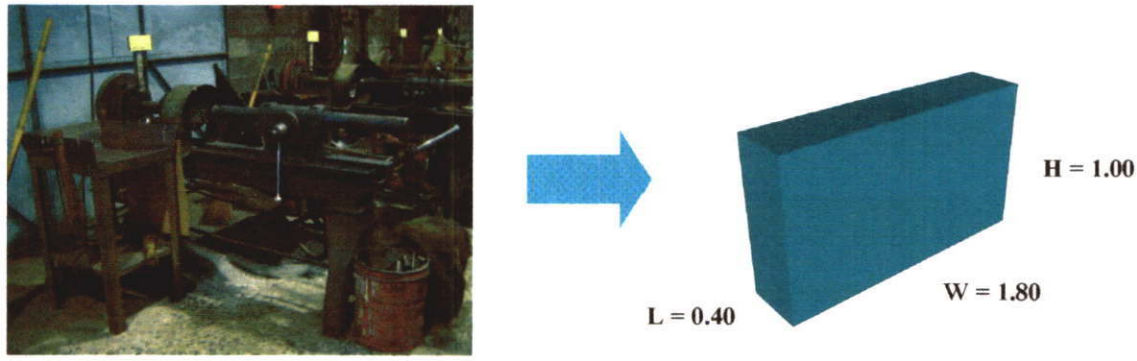
3.5.1 ลักษณะรูปแบบเครื่องจักรต่างๆภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



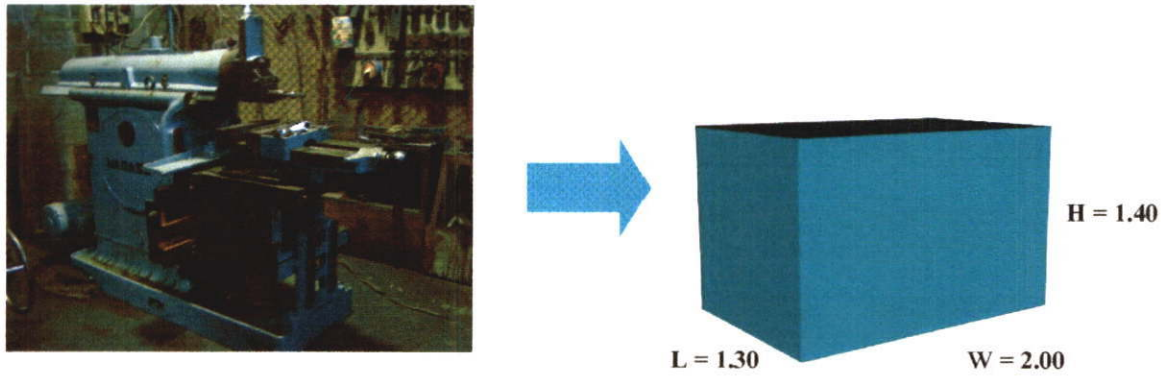
ภาพที่ 3.15 เครื่องกลึง



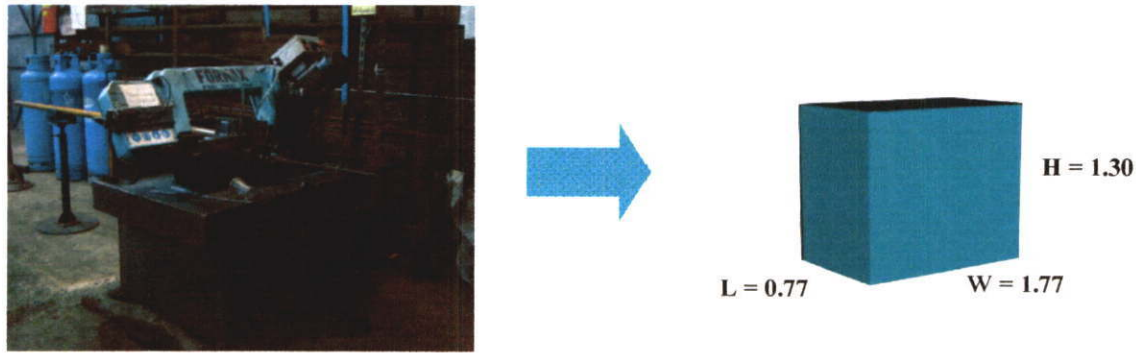
ภาพที่ 3.16 เครื่องรีดเกลียว



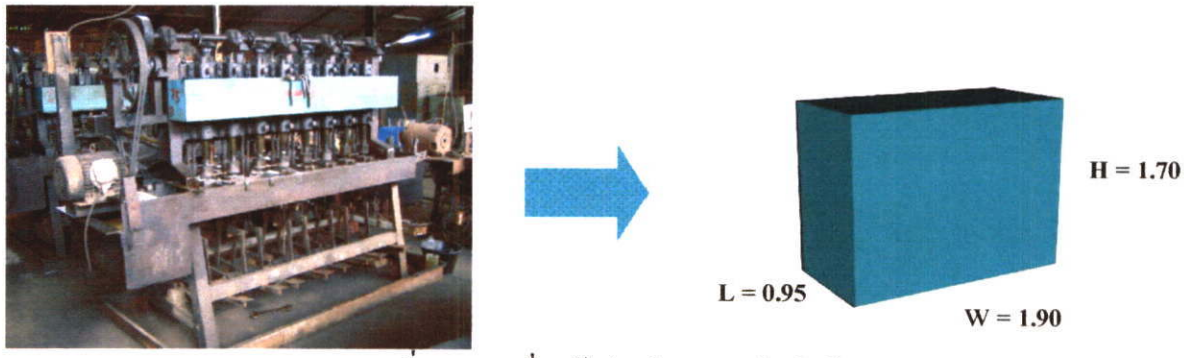
ภาพที่ 3.17 เครื่องเหลาเหล็ก



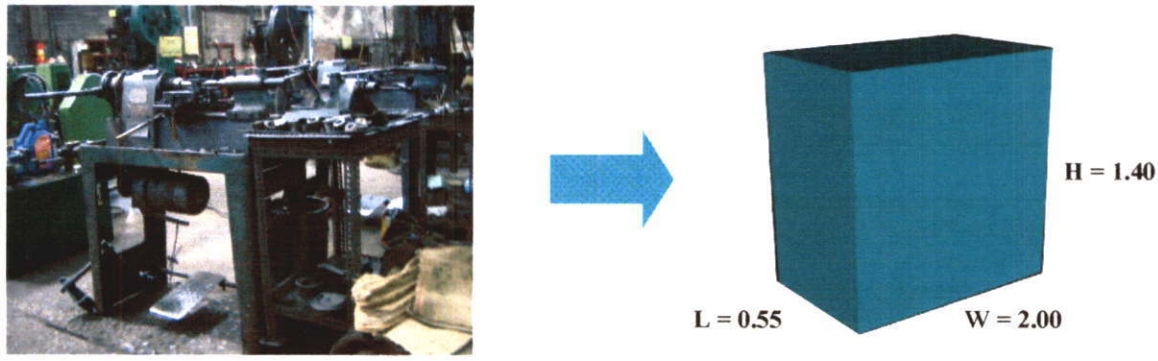
ภาพที่ 3.18 เครื่องไสเหล็ก



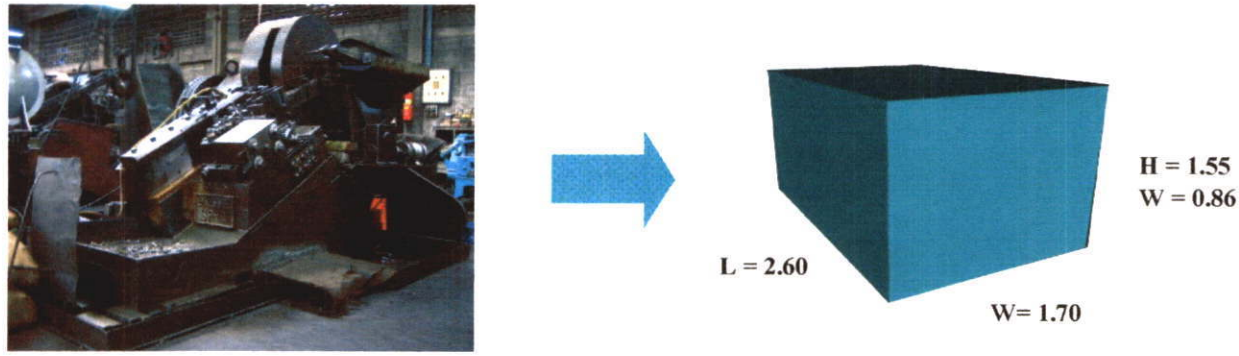
ภาพที่ 3.19 เครื่องเลื่อยเหล็ก



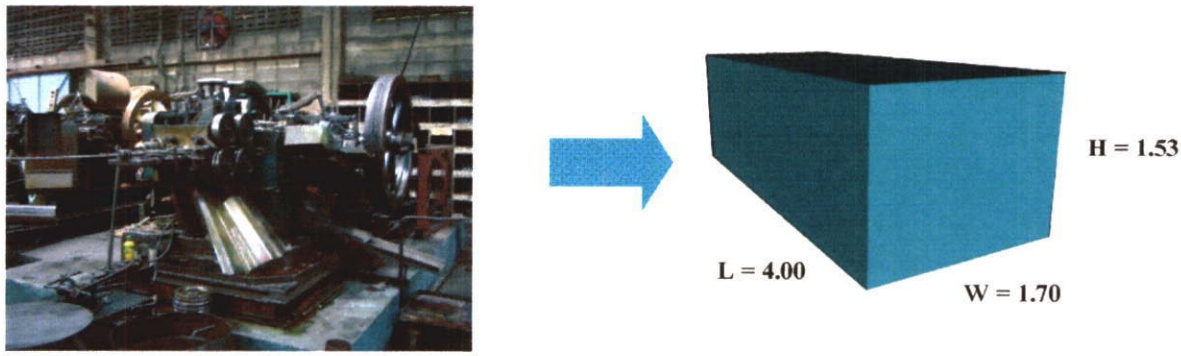
ภาพที่ 3.20 เครื่องต๊าปเกลียว สำหรับหัวน็อต



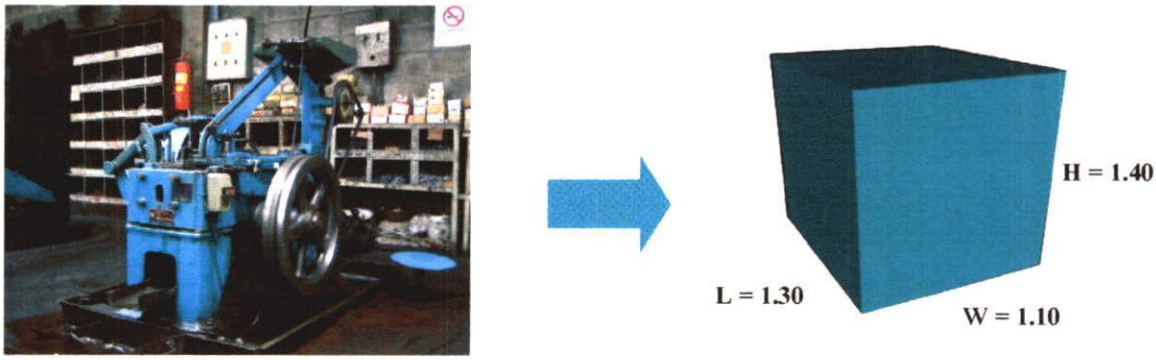
ภาพที่ 3.21 เครื่องปาดคอ หรือ เครื่องล้างคอสลักภัณฑ์



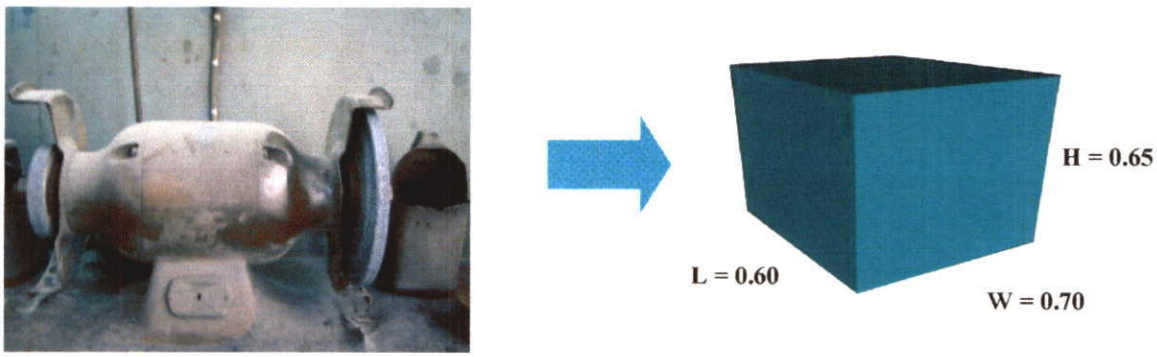
ภาพที่ 3.22 เครื่องรีดเกลียว (ปั๊มเย็น)



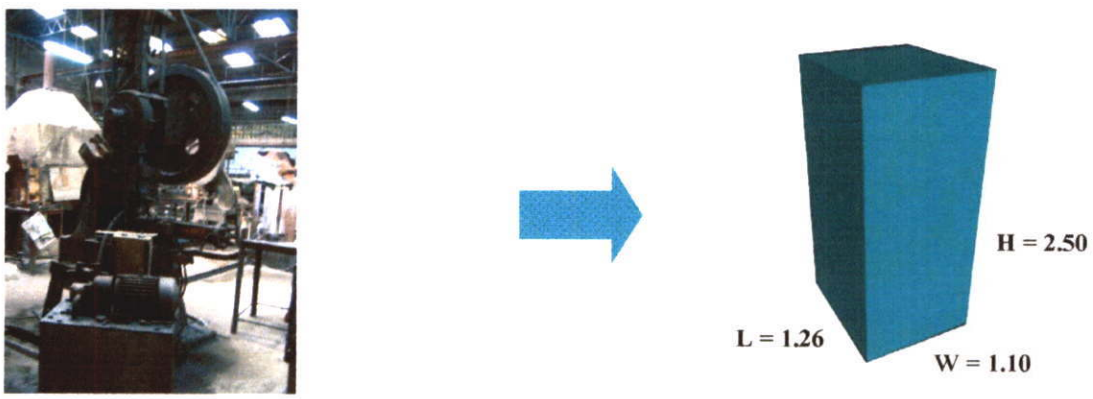
ภาพที่ 3.23 เครื่องตีน็อต (ปั๊มเย็น)



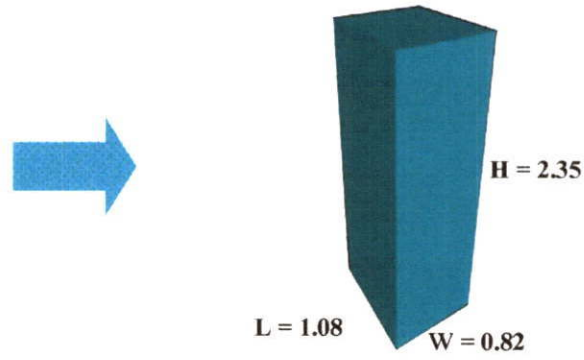
ภาพที่ 3.24 เครื่องตัดเหลี่ยมเหล็ก (ปั๊มเย็น)



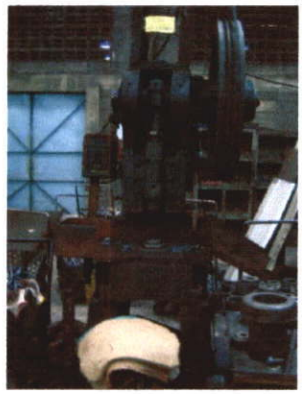
ภาพที่ 3.25 เครื่องเจียรเหล็ก

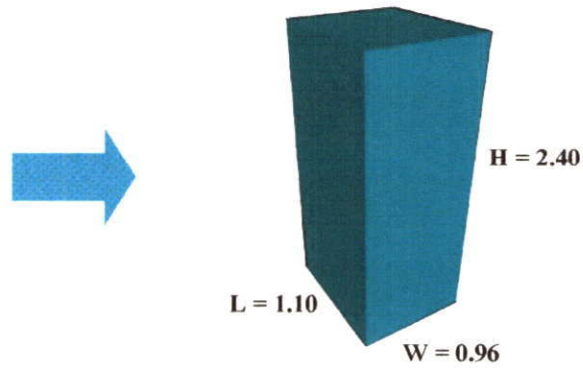


ภาพที่ 3.26 เครื่องปั๊มสลักภัณฑ์ขึ้นรูป

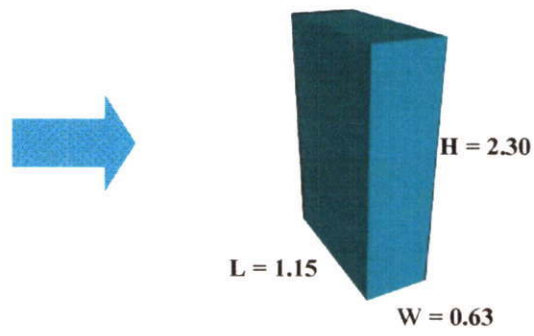


ภาพที่ 3.27 เครื่องปั๊มหัวน็อตขึ้นรูป

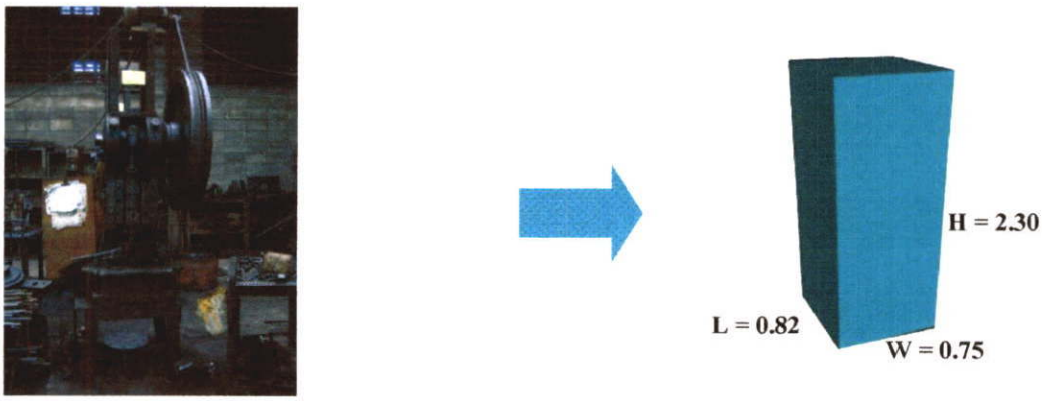




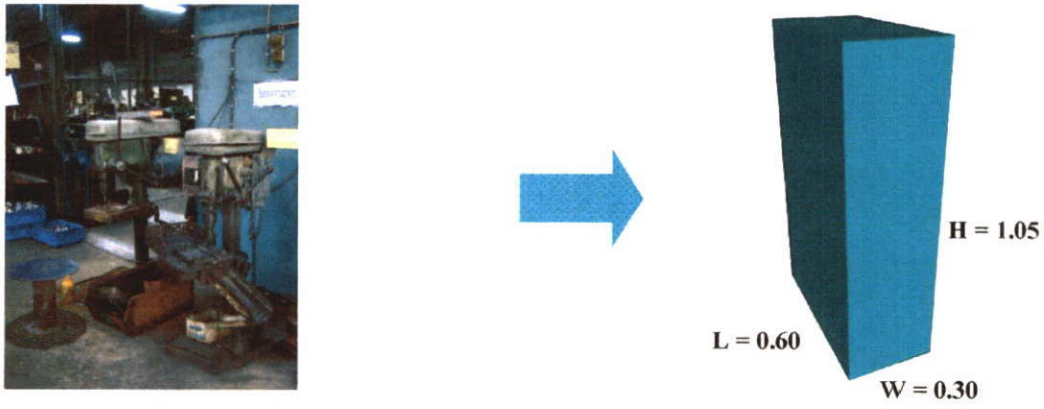
ภาพที่ 3.28 เครื่องตอกเหลี่ยม



ภาพที่ 3.29 เครื่องตัดเหล็กเส้น

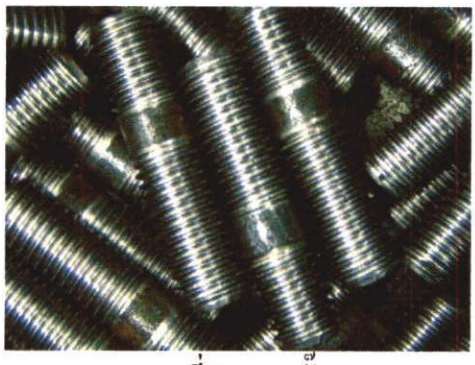


ภาพที่ 3.30 เครื่องตัดเหล็กสำหรับปั๊มหัวน็อต



ภาพที่ 3.31 เครื่องแชมป์หัวน็อต

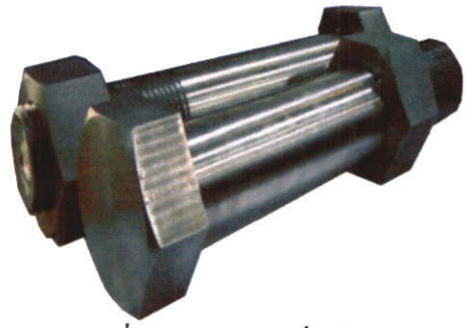
3.5.2 สลักภัณฑ์ที่ได้หลังจากการผ่านขบวนการผลิตในรูปแบบต่างๆ



ภาพที่ 3.32 สตั๊ด

ภาพที่ 3.33 โบ๊ลท์

ภาพที่ 3.34 นัท

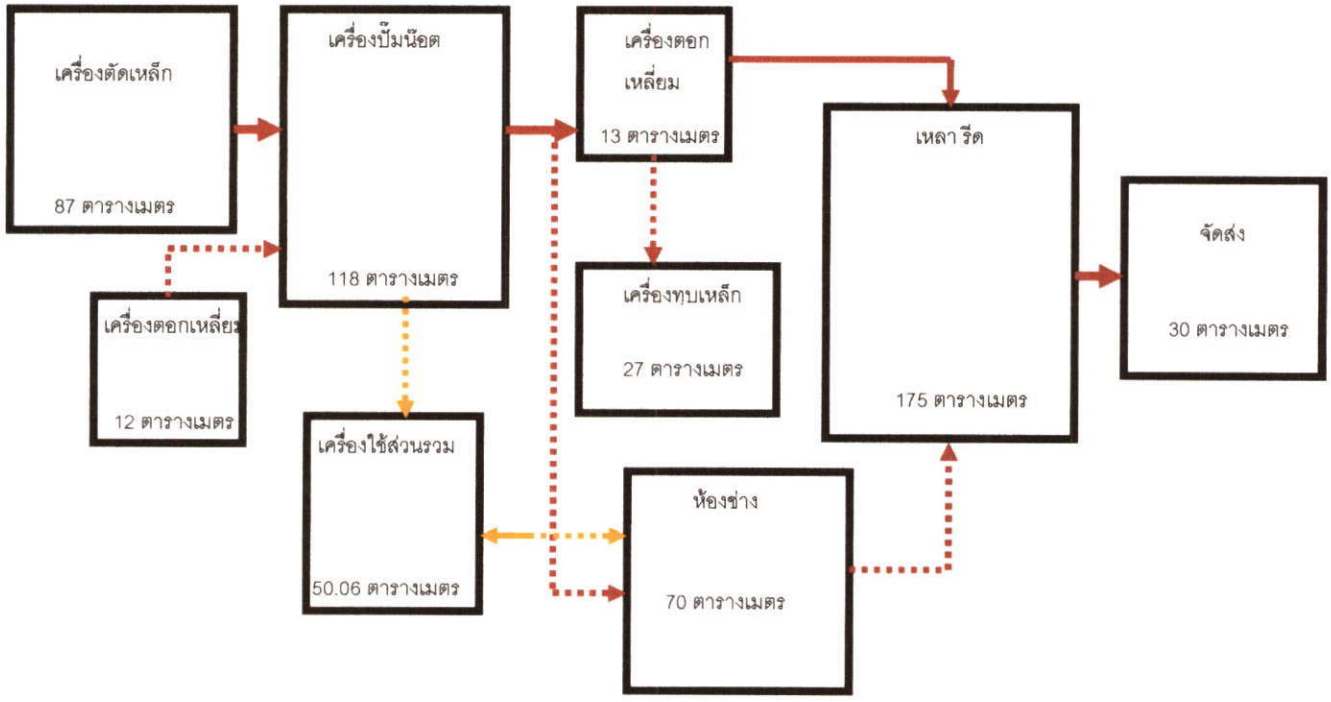


ภาพที่ 3.35 ผลผลิตที่ได้ (Stainless)

3.5.3 Functional Diagram

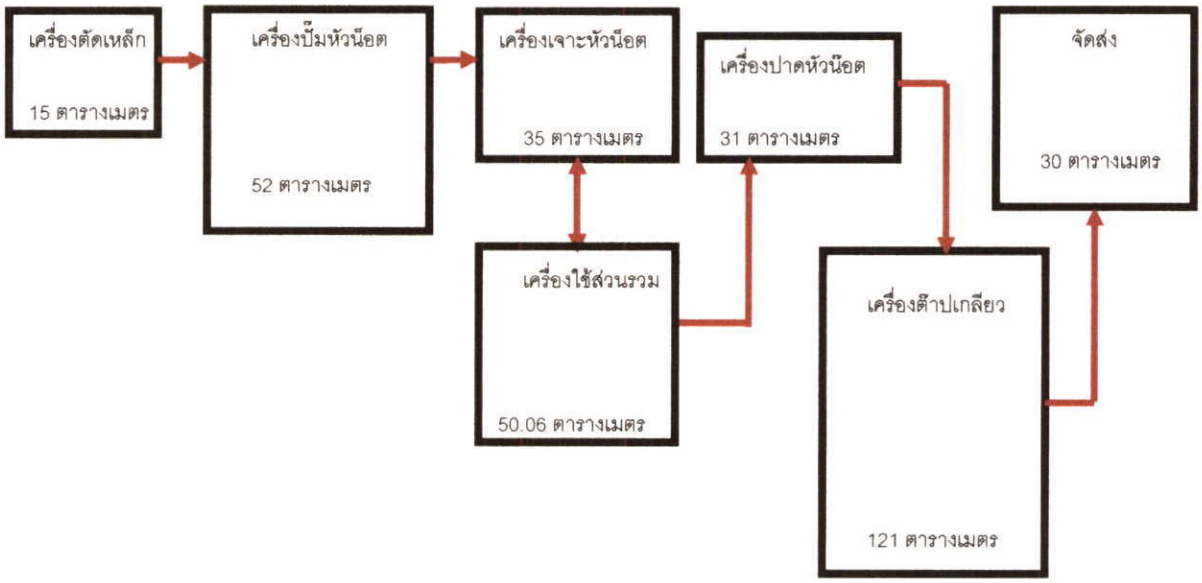
3.5.3.1 Bolts Functional Diagram

ตารางที่ 3.3 ความสัมพันธ์ และ พื้นที่ของขบวนการผลิตอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



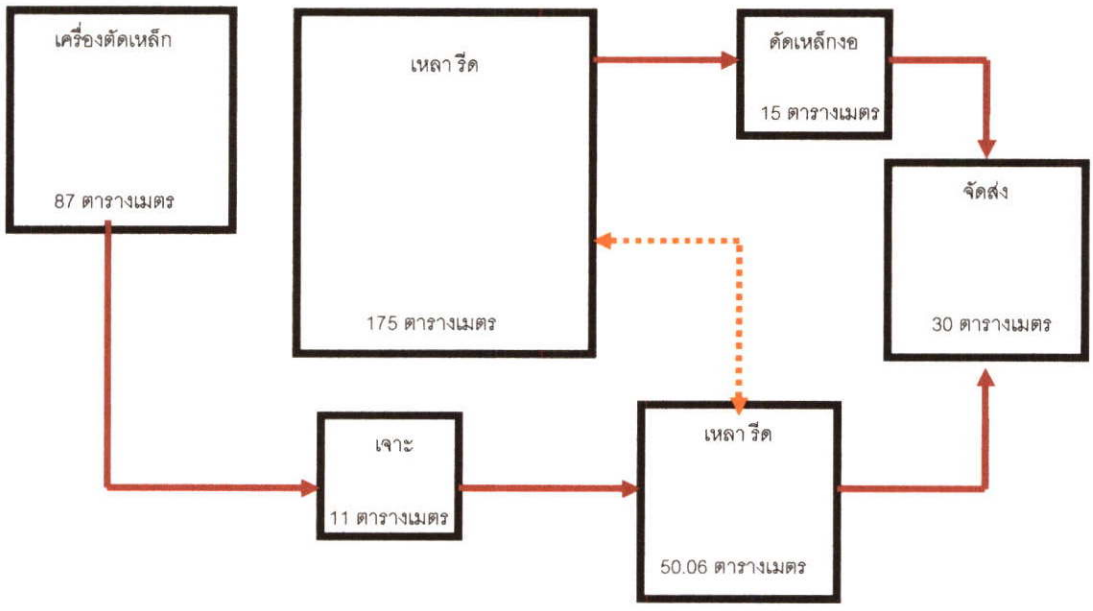
3.5.3.2 Nuts Functional Diagram

ตารางที่ 3.4 ความสัมพันธ์ และ พื้นที่ของขบวนการผลิตอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



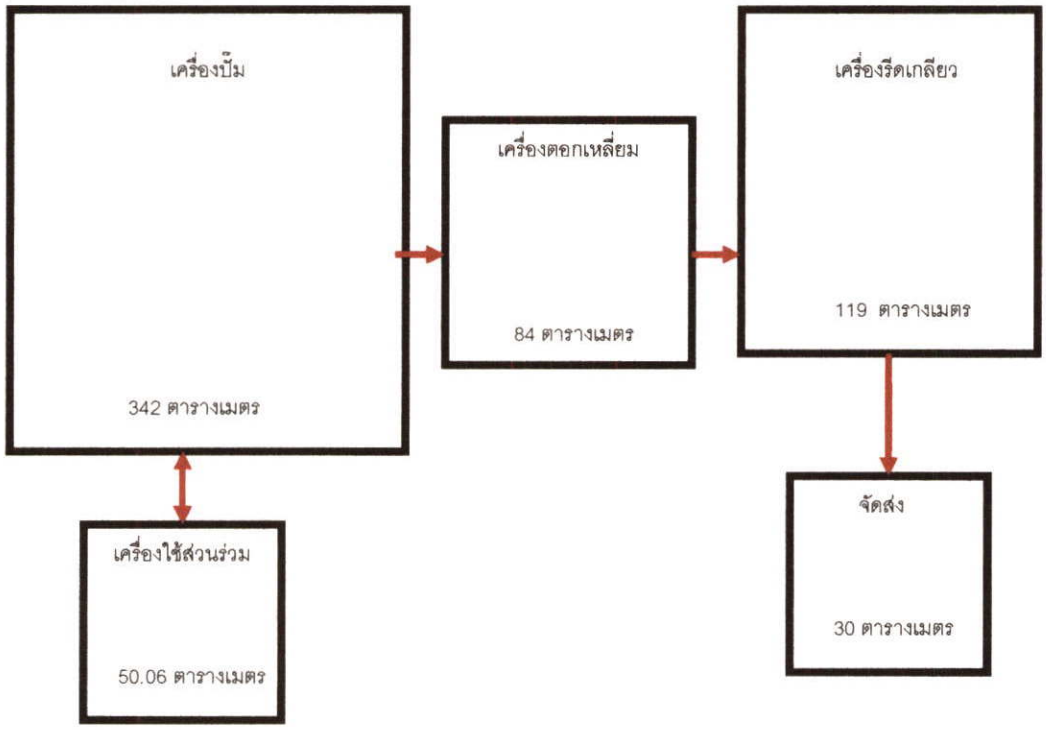
3.5.3.3 L-Bolts J-Bolts and Washers Functional Diagram

ตารางที่ 3.5 ความสัมพันธ์ และ พื้นที่ของขบวนการผลิตอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



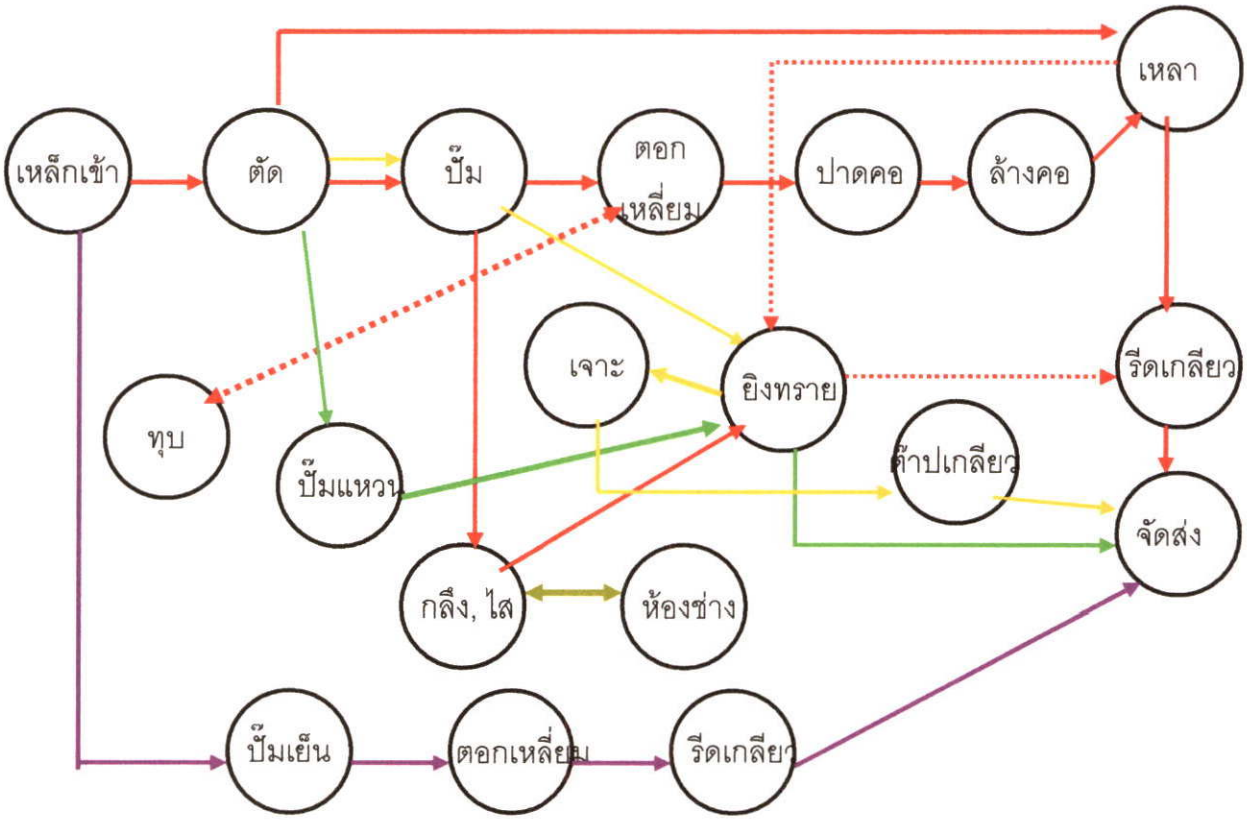
3.5.3.4 ปั๊มปั๊เย็น Functional Diagram

ตารางที่ 3.6 ความสัมพันธ์ และ พื้นที่ของขบวนการผลิตอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



3.5.4 Bubble Diagram ของโรงงานผลิตอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

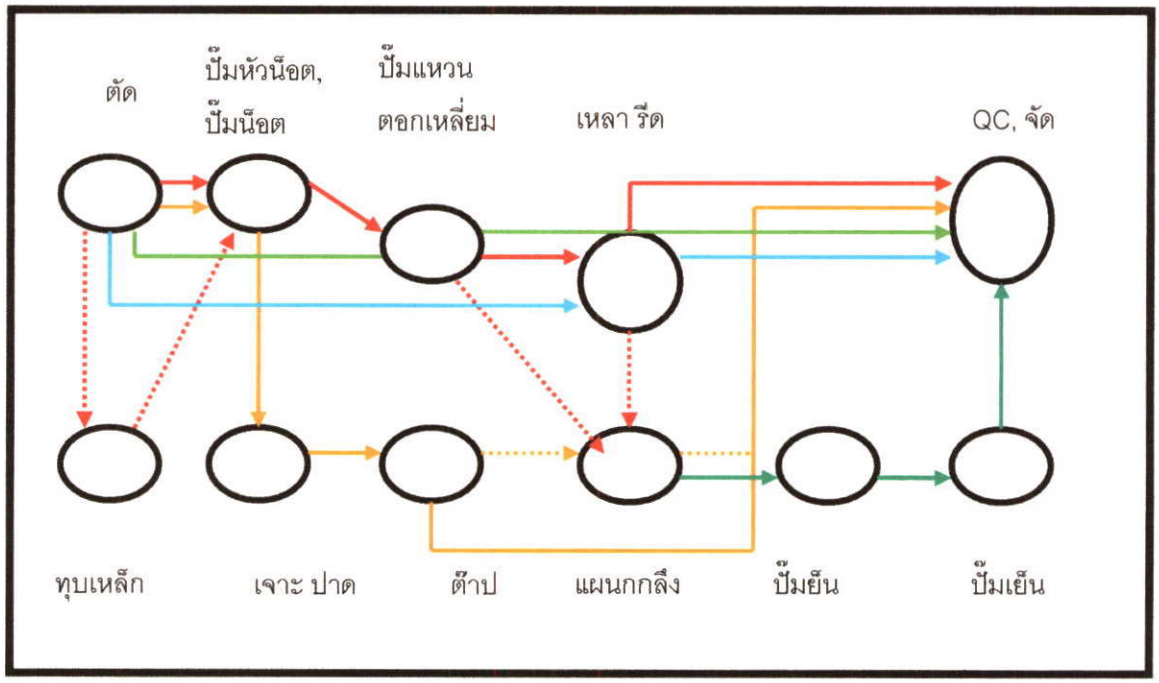
ตารางที่ 3.7 Bubble Diagram ของโรงงานผลิตอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



สัญลักษณ์เส้นที่แสดงการไหลของขบวนการผลิต

ปั๊มเย็น ปั๊มแหวน ปั๊มตัวน็อต ปั๊มหัวน็อต

3.5.5 การวางผังโรงงานตามขบวนการผลิตน๊อต และ หัวน๊อต



ภาพที่ 3.36 ผังการผลิตสลักภัณฑ์

3.6 หุ่นจำลอง

จากการทบทวนวรรณกรรม สรุปได้ว่า วิธีการทดลองนี้เป็นการทดลอง โดยการทำหุ่นจำลองเพื่อใช้ในการทดลอง การสรุปวิธีการทดลอง ลักษณะของหุ่นจำลองที่ใช้ตอบคำถามการวิจัยในแต่ละข้อ

3.6.1 วิธีการทดลอง

การทดลองมีวิธีการทดลองอยู่ 2 ลักษณะ คือ การทดลองด้วยอาคารจริง และ การทดลองด้วยการทำหุ่นจำลอง ซึ่งมีข้อดี และ ข้อเสียต่างๆกัน คือ *การทดลองด้วยอาคารจริง*นั้นเป็นการศึกษาจากลมธรรมชาติ ซึ่งจะได้ผลเที่ยงตรง แต่มีข้อเสียที่เกิดการไม่สม่ำเสมอของกระแสลม ต้องทำการวัดซ้ำหลายครั้งแล้วนำมาประเมิณ ส่วนสถานการณ์ต่างๆในการทดสอบนั้นต้องสร้างขึ้นจริงซึ่งต้องเสียเวลามาก และใช้งบประมาณมาก แต่ถ้าเป็น*การทดลองด้วยวิธีสร้างแบบหุ่นจำลอง* จะประหยัดเวลาในการทดลองโดยสามารถทดลองได้หลายรูปแบบโดยประหยัด

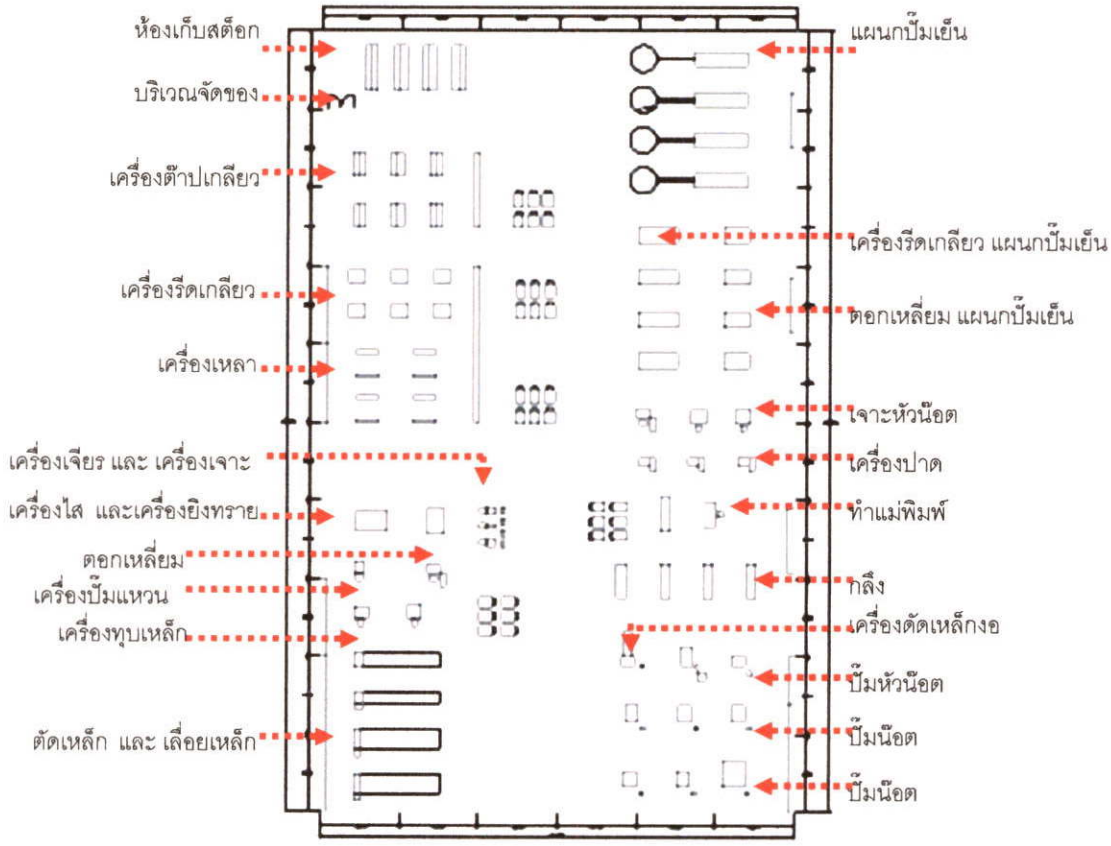
งบประมาณ และให้ผลการทดลองใกล้เคียงกับวิธีทดลองด้วยอาคารจริง ดังนั้น การทำวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้วิธีการทดลองด้วยการสร้างหุ่นจำลอง เพื่อตอบคำถามการวิจัยได้ครบถ้วน และประหยัดเวลารวมทั้งงบประมาณ

จากการทบทวนวรรณกรรมทำให้ทราบว่า ในการทดลองด้วยวิธีการสร้างหุ่นจำลองนั้นสามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ การทำหุ่นจำลอง 2 มิติ(ทำการทดลองกับโต๊ะน้ำ โดยใช้น้ำด่างทับทิมเป็นตัวแทนการไหลของกระแสลม) เพื่อหาการไหลของกระแสลมที่เข้ามาภายในตัวอาคาร และการทำหุ่นจำลองลักษณะ 3 มิติ (ทำการทดสอบด้วยอุโมงค์ลม) เพื่อหาอัตราเร็วลมโดยให้ความเร็วของลมนั้นพัดเทียบเท่ากับอัตราเร็วลมเฉลี่ยของกรุงเทพมหานคร มีข้อดี ที่อากาศสามารถไหลผ่านอาคาร และวัดความเร็วลมได้เหมือนอาคารจริง แต่มีข้อเสีย ที่ไม่สามารถมองเห็นกระแสลมภายในอาคารได้ ส่วนการใช้หุ่นจำลองในลักษณะ 2 มิติ คือ การทดสอบด้วยโต๊ะน้ำ ช่วยในการวิเคราะห์นั้นมีข้อดี คือ สามารถแสดงผลออกเป็น2 มิติ คือเห็นการไหลของกระแสนื่องจักรเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นในงานผู้วิจัย เลือกที่จะใช้หุ่นจำลอง 3 มิติ ทดสอบกับอุโมงค์ลม และใช้หุ่นจำลอง 2 มิติทดสอบกับโต๊ะน้ำ

3.6.2 ลักษณะของแปลนหุ่นจำลอง

ลักษณะของหุ่นจำลองที่ใช้ในการตอบคำถามการวิจัยในแต่ละข้อนั้นจะมีลักษณะของช่องระบายอากาศที่แตกต่างกัน คือมีการคำนึงถึงขบวนการผลิต และการใช้งานซึ่งจะเป็นไปตามคุณลักษณะของตัวแปรที่ทำการศึกษา โดยขั้นตอนการดำเนินการทดลองนั้นจะดำเนินการทดลองที่ละแบบ เพื่อทราบ และนำผลไปวิเคราะห์เพื่อสรุปคำถามของการวิจัย โดยจะเริ่มมีการวางแปลนให้กับโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ เพื่อการจัดกลุ่มที่ต้องใช้ความร้อน และกลุ่มที่ไม่ใช้ความร้อน เพื่อให้ได้การระบายอากาศให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น แต่การคำนึงถึงเรื่องช่องระบายอากาศซึ่งจะเป็นการวิจัยซึ่งจะอยู่ในบทที่ 4

จากการจัดแปลนตามขบวนการผลิตนั้นจะได้ว่า โรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ที่มีเครื่องจักรดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้นจะสามารถจัดในพื้นที่ประมาณ กว้าง 35 เมตร และ ยาว 60 เมตร เป็นมาตราส่วน 1:1.714 โดยประมาณ 1:1.7 ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมแล้วเป็นอัตราส่วนของอาคารที่ทำให้การระบายอากาศไหลเวียนได้ดี ซึ่งทั้งนี้จะไม่รวมส่วนที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย ได้แก่ บ่อน้ำกรด และ บ่อกัดสแตนเลส ที่มีการใช้สารเคมี นอกจากนี้ยังไม่รวมส่วนที่เก็บเหล็กเส้นที่ไว้เป็นสต๊อก เป็นต้น



ภาพที่ 3.37 ผนังการทำงานของโรงงานสลักภัณฑ์ซึ่งจัดวางผังตามขบวนการผลิต

3.7 เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรต่างๆ มีดังนี้

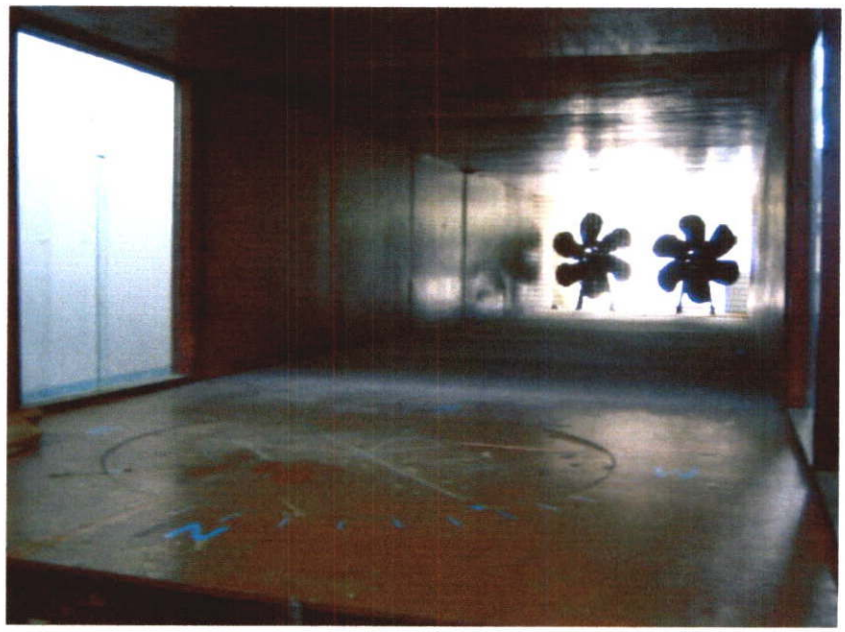
ในส่วนนี้กล่าวถึง การเลือกเครื่องมือในการชี้วัดตัวแปร และ กำหนดตำแหน่งการใช้เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรต่าง และ กำหนดตำแหน่งการใช้เครื่องมือวัดในหุ่นจำลอง รวมทั้งการวางหุ่นจำลองในอุโมงค์ลม

3.7.1 การใช้เครื่องมือในการชี้วัดตัวแปร

จากการทบทวนวรรณกรรมทำให้ทราบถึง เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรต่างๆ สรุปได้ดังนี้

3.7.1.1 การจำลองอัตราเร็ว ที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมที่เข้าสู่ภายในภายในหุ่นจำลองของอาคาร โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการเจาะช่องระบายอากาศ

จากการทบทวนวรรณกรรม สรุปว่า การจำลองอัตราเร็วลมด้วยเครื่องอุโมงลมอัตราเร็วลมที่วัดได้จะได้ค่าไม่สม่ำเสมอ เพราะ ลมจากธรรมชาติเข้ามามีผลกระทบในการทดลอง แต่เนื่องมาจากเครื่องมือที่ไม่อำนวย และ เครื่องมือที่ใช้ในการหาความเร็วลมมีเพียงอย่างเดียวทำให้ผู้วิจัยจำเป็นต้องใช้อุโมงลมในการทดลอง และทำการควบคุมป้องกันการรบกวนจากลมธรรมชาติจึงทำให้การทดลองนี้มีการใช้อุโมงลม



ภาพที่ 3.38 แสดงเครื่องอุโมงค์ลม (Wind Tunnel)

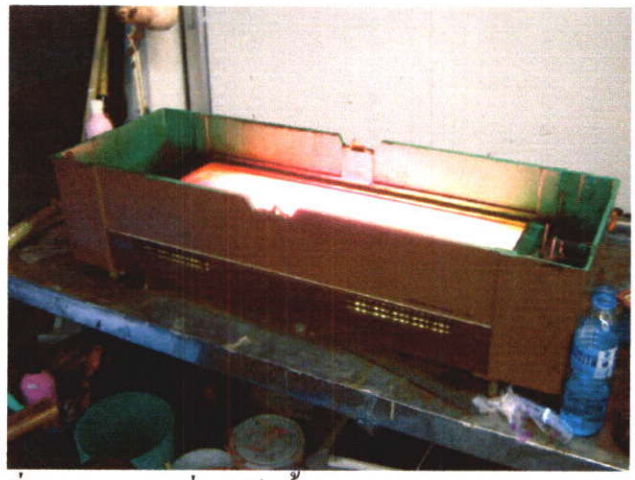
3.7.1.2 การวัดความเร็วลมภายในหุ่นจำลอง

จากการทบทวนวรรณกรรม สรุปว่า การชี้วัดความเร็วลมโดยอาศัยเครื่องฮอทวายร์ แอนนีโมมิเตอร์เป็นตัววัด เนื่องจากสามารถวัดการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีความเร็วต่ำๆ ได้ และมีความเที่ยงตรงสูง ดังนั้นในการทดลองนี้จึงใช้ ฮอทวายร์ แอนนีโมมิเตอร์ และเครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้น เป็นตัวชี้วัด

ภาพที่ 3.39 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิ วัดความชื้น และ เครื่องฮอท วายร์ แอนนีโนมิเตอร์ (Hot Wire Anemoter)

3.7.1.3 การวัดทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสลม

จากการทบทวนวรรณกรรม สรุปได้ว่า โต๊ะน้ำสามารถทดสอบการไหลด้วยแรงดันน้ำให้เห็นถึงเส้นกระแสลม โดยใช้ด่างทับทิมในการเจือจางกับน้ำ แต่ก็ยังไม่ดีเท่าทีควร เนื่องจากเป็นลักษณะแบบ 2 มิติ แต่การทำวิจัยครั้งนี้จะมีการใช้โต๊ะน้ำเพื่อนำผลมาประมวลและวิเคราะห์



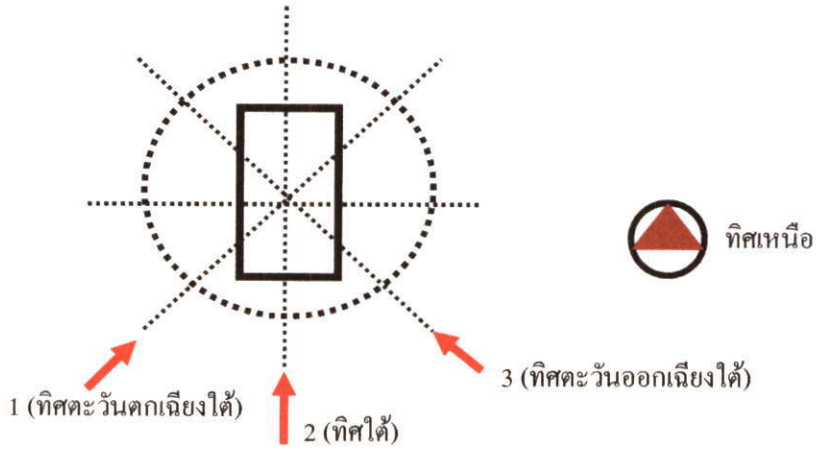
ภาพที่ 3.40 แสดงเครื่องโต๊ะน้ำ (Flow Visualization Apparatus)

3.7.2 ตำแหน่งการวัดภายในหุ่นจำลอง สำหรับเครื่องมือวัดความเร็วลม

จากการทบทวนวรรณกรรม ทำให้ทราบว่า ตำแหน่งที่กระแสลมควรพัดผ่านนั้น ควรอยู่ในระดับช่วงตัวที่พนักงานนั้นยืนทำกิจกรรม คือความสูงที่พัดผ่านในระดับที่ 1.20 เซนติเมตร และมีการวัดห่างตามระยะแนวเสาของอาคาร

3.7.3 การวางหุ่นจำลองในอุโมงลม

จากการทบทวนวรรณกรรม ทำให้ทราบว่าเมื่อลมพัดทำมุมเฉียงเข้าสู่ช่องเปิดจะให้อัตราเร็วลมเฉลี่ยนั้นสูงกว่าช่องที่เปิดแบบตั้งฉาก แต่งานวิจัยนี้จะทำการทดสอบลมที่เข้าสู่อาคารทั้งหมดเพียง 3 ทิศ เนื่องจากต้องการหาลมที่มีประสิทธิภาพต่อสภาวะเขตร้อนอย่างประเทศไทยเป็นต้น



ภาพที่ 3.41 แสดงทิศทางการวางหุ่นจำลองกับทิศทางในอุโมงค์ลม

3.8 วิธีการทำการทดลอง

3.8.1 เก็บวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อหาสาเหตุของความร้อน และ แผนกที่ส่งผลทำให้เกิดความร้อนโดยตรงต่อภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

3.8.2 หารูปแบบวัสดุที่ใช้ในการระบายอากาศ ของโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปที่ป้องกันฝนเข้ามาภายในโรงงานอุตสาหกรรม

3.8.3 จัดเสนอแปลนที่ได้จากการวิเคราะห์จากขบวนการผลิตสลักภัณฑ์ โดยแบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ใช้ความร้อน และ กลุ่มที่ไม่ใช้ความร้อนภายในโรงงานสลักภัณฑ์ โดยเป็นไปตามขบวนการผลิตสลักภัณฑ์

3.8.4 หลังจากการสร้างหุ่นจำลองในขนาดที่กำหนด คือ กว้าง 35 เมตร และ ยาว 60 เมตร นำไปทดลองกับอุโมงลมเพื่อหาอัตราเร็วลมที่สามารถนำอากาศไหลเข้าภายในหุ่นจำลอง

3.8.5 หลังจากนั้นนำรูปตัดที่ได้ ไปทดสอบกับโต๊ะน้ำเพื่อหากระแสลมที่สามารถไหลผ่านได้ดี และ รูปแบบแปลนเพื่อหาทิศทางการหันของอาคารกับการไหลของลมที่สามารถไหลผ่านเข้าและ ออกได้ดี

3.9 กระบวนการวิเคราะห์

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงภาพรวมของการวิเคราะห์สรุปข้อมูล โดยแต่ละขั้นตอนจะมีกระบวนการดังนี้

3.9.1 การวิเคราะห์ผลสรุปข้อมูล

1. วิเคราะห์ความเร็วลมกับพื้นที่ใช้งานตามขบวนการผลิตสลักภัณฑ์ โดยทำการทดลองกับหุ่นจำลองทั้ง 3 แบบ โดยหาค่าเฉลี่ยของความเร็วลมกับรูปแบบของหุ่นจำลองทั้ง 3 แบบ และ หารูปแบบการวางทิศทางโรงงานสลักภัณฑ์ โดยให้กระแสลมนั้นสามารถไหลเข้า และออกในอัตราเร็วลมที่ดี

2. พิจารณาทิศทางการไหลของอากาศ ที่ทำการทดลองกับโต๊ะน้ำ โดยรูปแบบการไหลแต่ละรูปแบบที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ เพื่อหาการไหลของอากาศกับรูปแบบจำลองทั้ง 3 แบบ

3. สรุปรูปแบบวัสดุที่เหมาะสม และ สามารถทำให้เกิดการไหลเวียนอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ได้ดีที่สุด โดยสามารถไหลเข้า และ ออกโดยนำความร้อนออกภายนอกอาคารโรงงานได้ดี

3.10 สรุปส่วนที่จะทำการศึกษาในบทต่อไป

จากการศึกษาที่กล่าวมาแล้วนั้น บทต่อไปเป็นการกล่าวถึงการทดลองของวัสดุ ทิศทางการวางรูปแบบโรงงานอุตสาหกรรม และลักษณะการไหลของกระแสลมภายในโรงงานอุตสาหกรรม โดยลักษณะรูปแบบวัสดุ และ ทิศทางแบบใดที่ทำให้เกิดกระแสลมที่สามารถไหลเข้า และ ออกได้ดีที่สุดภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

บทที่ 4
ลักษณะของหุ่นจำลอง ผลการวิจัย และผลการวิเคราะห์ของการทดลอง

4.1 สรุปตัวแปรที่ในการทำการวิจัย

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆในบทที่ 2 และ บทที่ 3 สามารถเชื่อมโยงเป็นกลุ่มตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และ ตัวแปรอิสระให้กับโรงงานอุตสาหกรรมตัวอย่างที่จะทำการทดลองในบทต่อไปดังนี้

4.1.1 ตัวแปรอิสระ

1. สภาพแวดล้อมภายนอก

4.1.2 ตัวแปรควบคุม

1. ผังพื้น
2. ขนาดอาคาร
3. ระดับที่จะเปิดช่องหน้าต่าง
4. ขนาดช่องระบายอากาศ
5. ชนิดช่องระบายอากาศ

4.1.3 ตัวแปรตาม

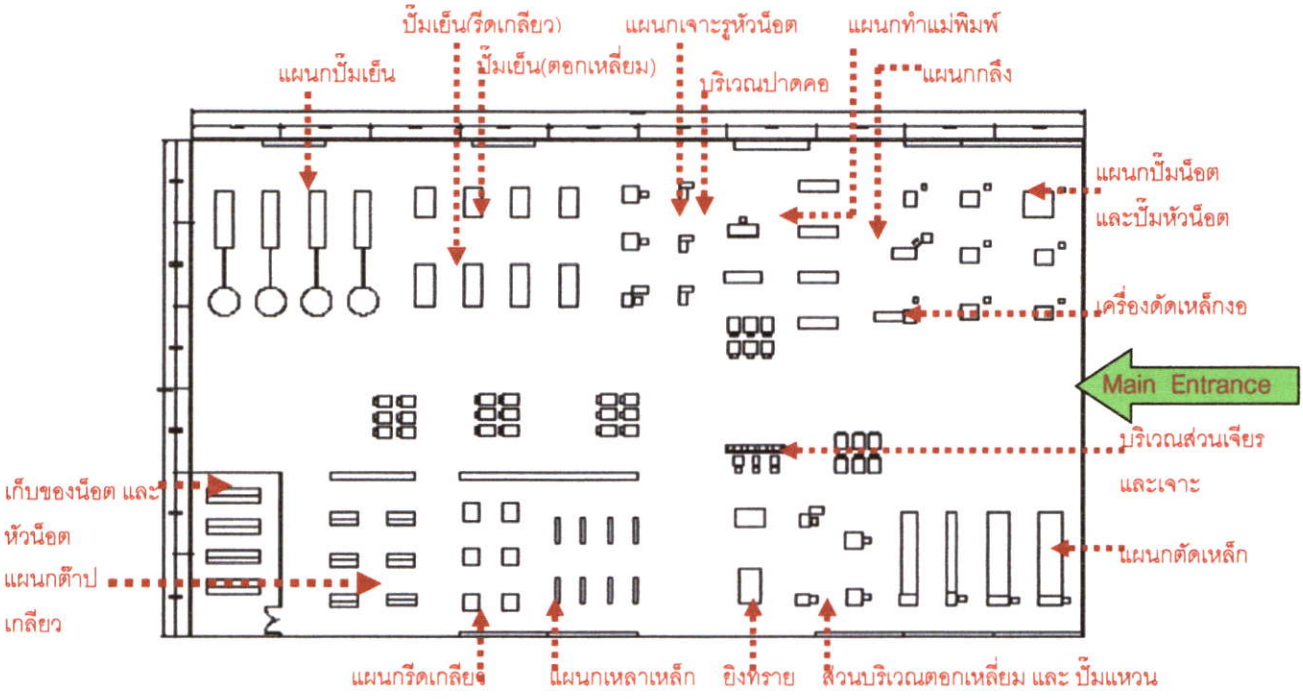
1. การระบายอากาศ

จากตัวแปรดังกล่าวนั้น ได้นำมาให้เกิดแนวความคิดและเข้าสู่ขบวนการปฏิบัติการของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง

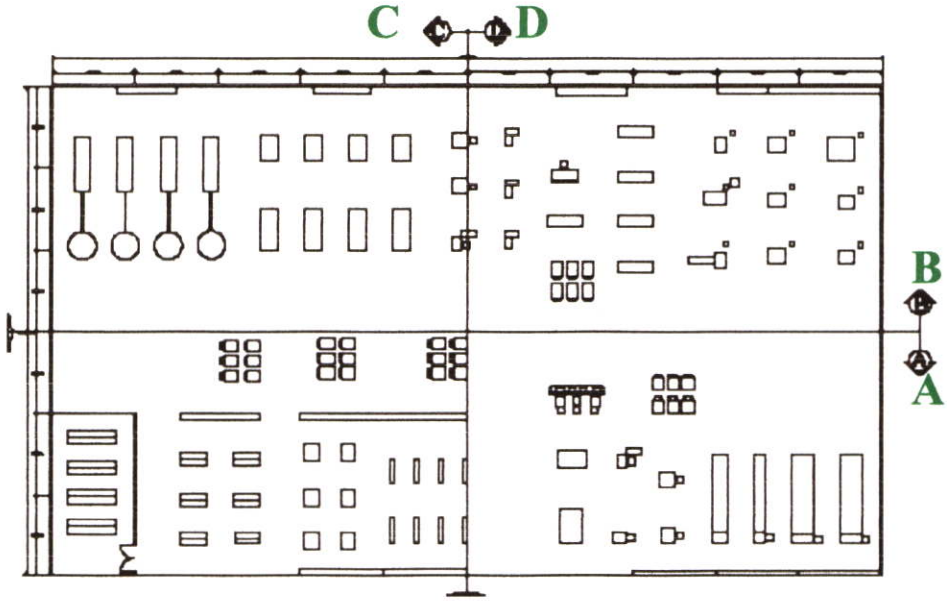
4.2 การเชื่อมโยง กลุ่มตัวแปรอิสระ ตัวแปรควบคุม และตัวแปรตามในการสร้างโรงงานจำลอง

4.2.1 ลักษณะรูปแบบของผังโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

รูปแบบการวางผังของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ โดยจะเป็นไปตามขบวนการการผลิตของสลักภัณฑ์ที่มีปั๊มร้อนเป็นส่วนหนึ่งในขบวนการผลิต ซึ่งจะมีรายละเอียด และแผนการผลิตดังนี้



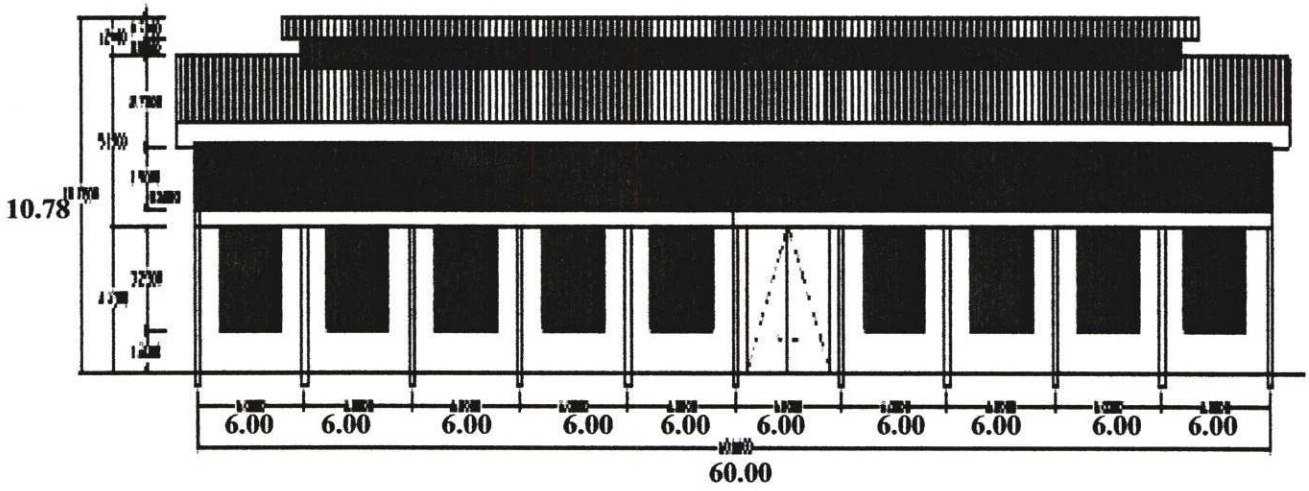
ภาพที่ 4.1 รูปแบบแปลนจำลองภายในโรงงานสลักภัณฑ์



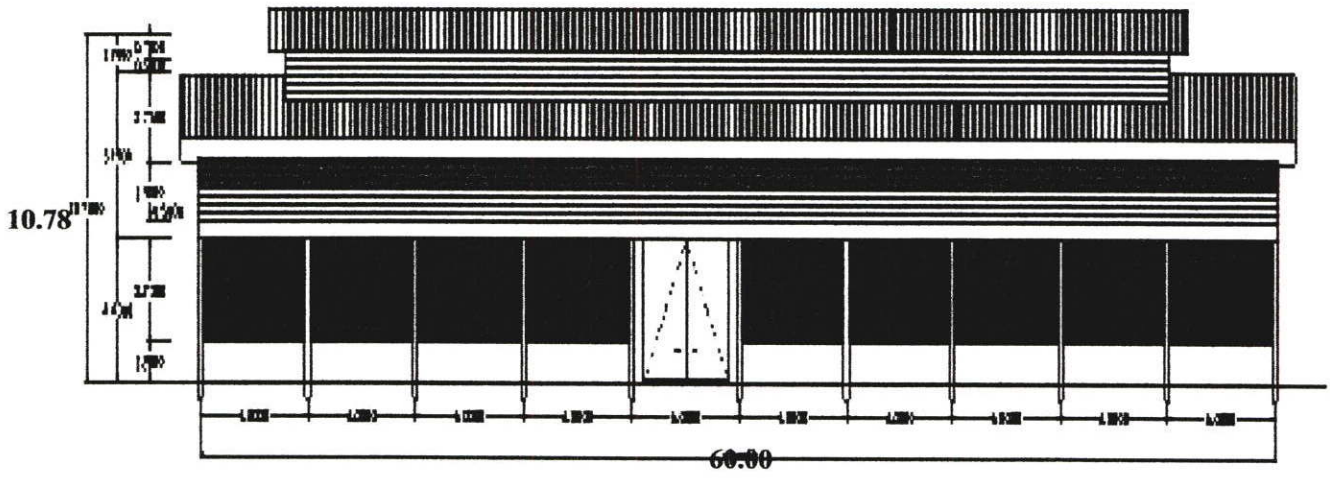
ภาพที่ 4.2 ภาพแสดงสัญลักษณ์ของภาพตัด

4.2.2 ลักษณะรูปแบบของรูปด้านของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

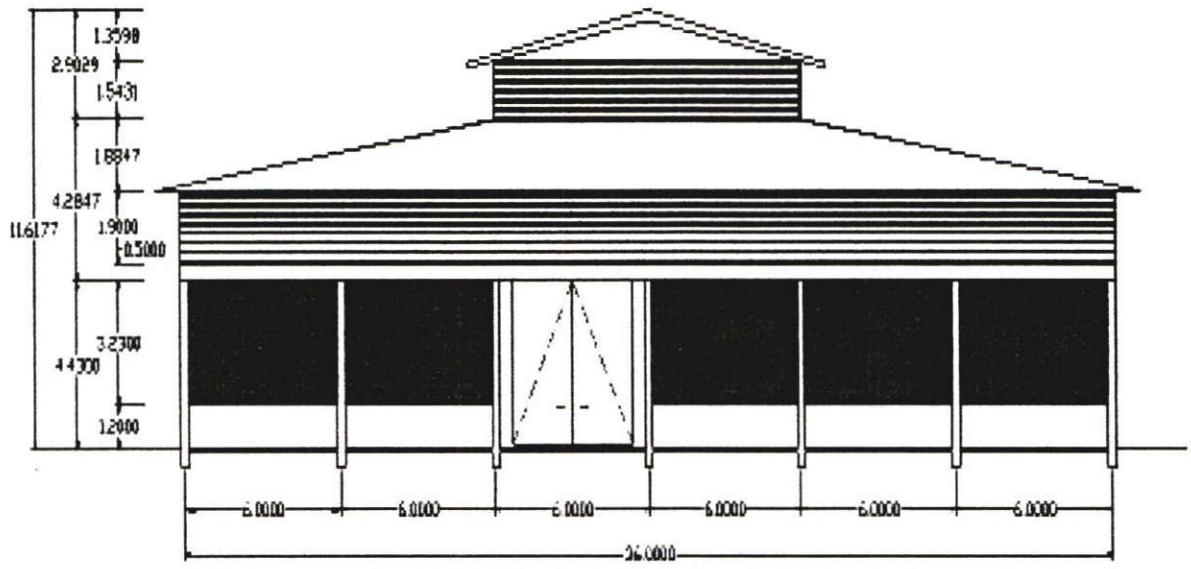
รูปแบบรูปด้านของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์มีลักษณะที่เหมือนกันเนื่องจากการวางเครื่องจักรที่เหมือนกัน แต่ส่วนที่แตกต่างกัน คือ การใช้วัสดุของผนังแต่ละหุ่นจำลองเท่านั้น ดังนั้น ลักษณะรูปด้านแต่ละแบบของหุ่นจำลองทั้ง 3 จะมีลักษณะดังต่อไปนี้



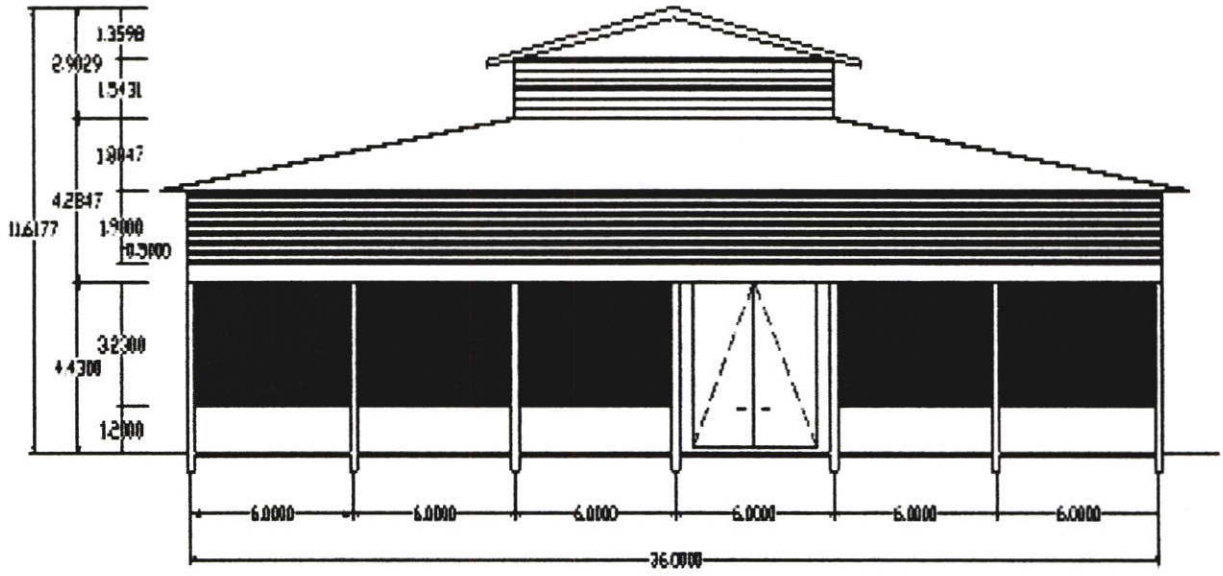
ภาพที่ 4.3 รูปด้านข้างของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ ด้านอากาศเย็นเข้า



ภาพที่ 4.4 รูปด้านข้างของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ ด้านระบายอากาศร้อนออก

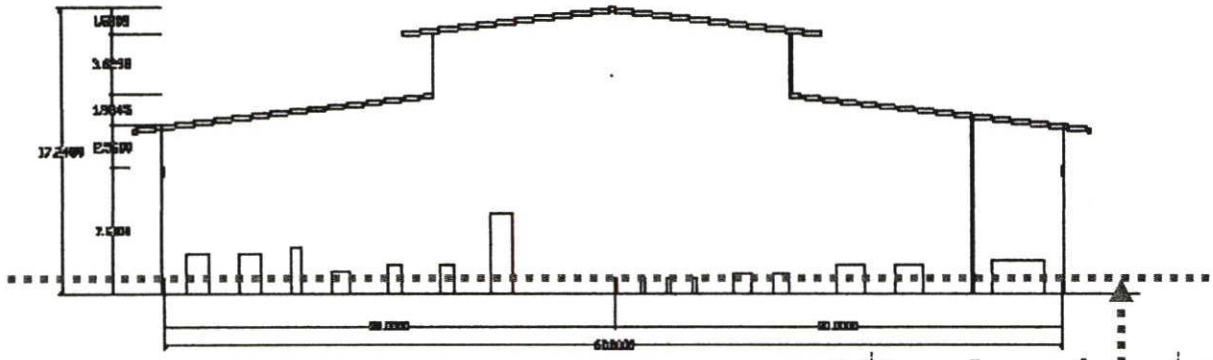


ภาพที่ 4.5 รูปด้านหน้าของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

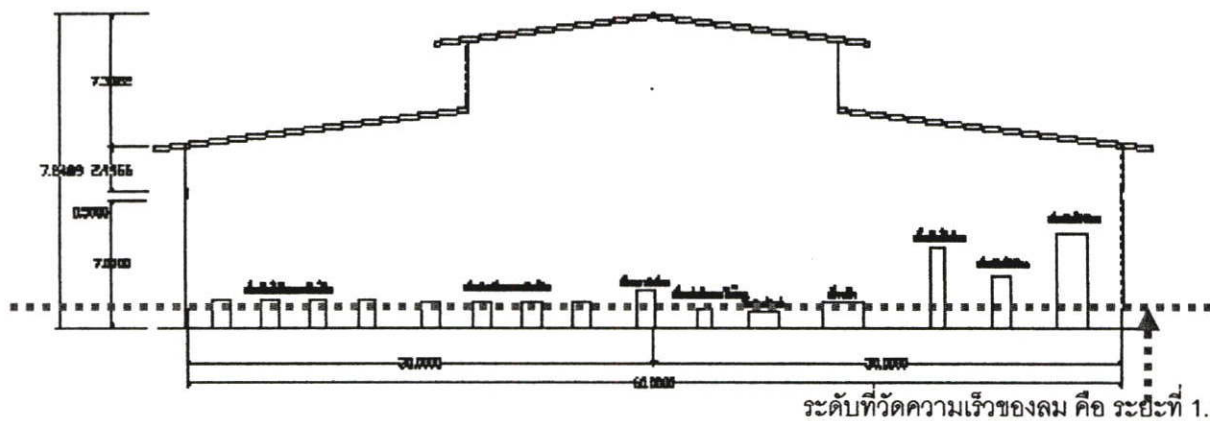


ภาพที่ 4.6 รูปด้านหลังของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

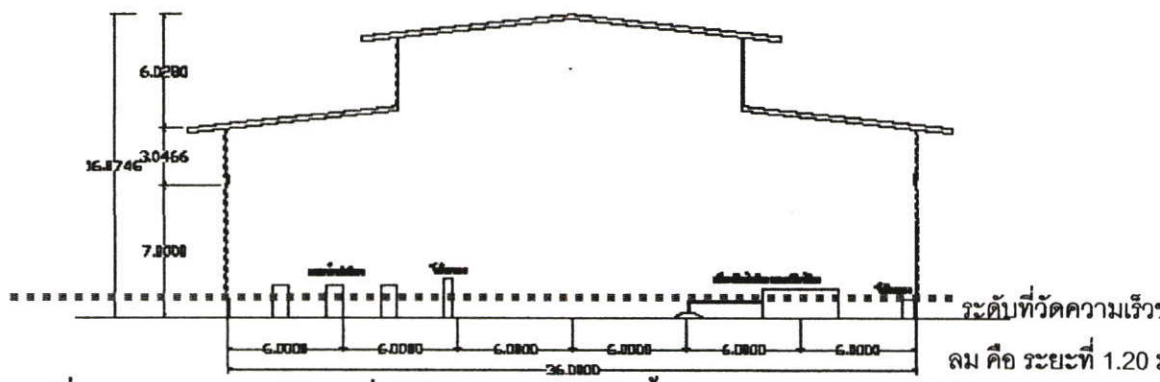
4.2.3 ลักษณะภาพตัดภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



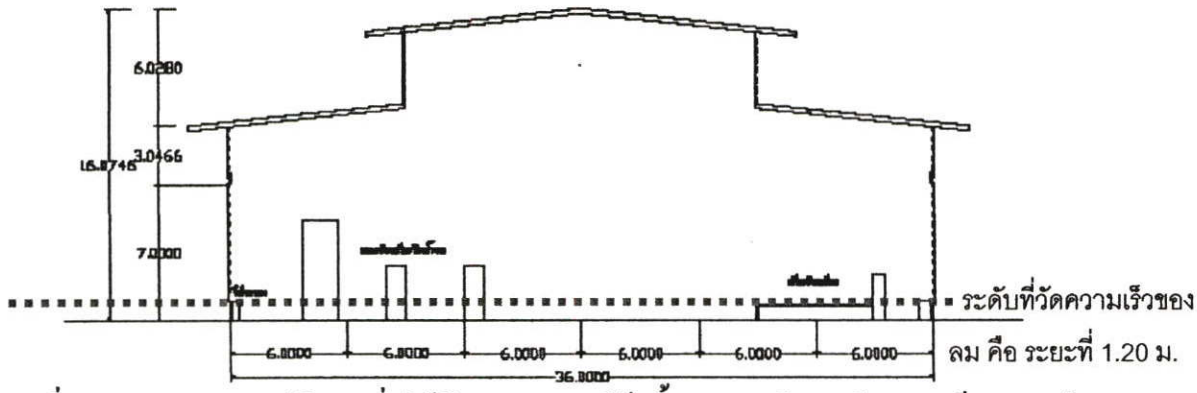
ภาพที่ 4.7 ภาพแสดงรูปตัด A เพื่อใช้กับการทดลองโต๊ะน้ำ และระดับการวัดความเร็วลมภายในหุ่นจำลองที่ทดสอบด้วยอุโมงลมของหุ่นจำลองที่ 1,2 และ 3



ภาพที่ 4.8 ภาพแสดงรูปตัด B เพื่อใช้กับการทดลองโต๊ะน้ำ และระดับการวัดความเร็วลมภายในหุ่นจำลองที่ทดสอบด้วยอุโมงลมของหุ่นจำลองที่ 1,2 และ 3



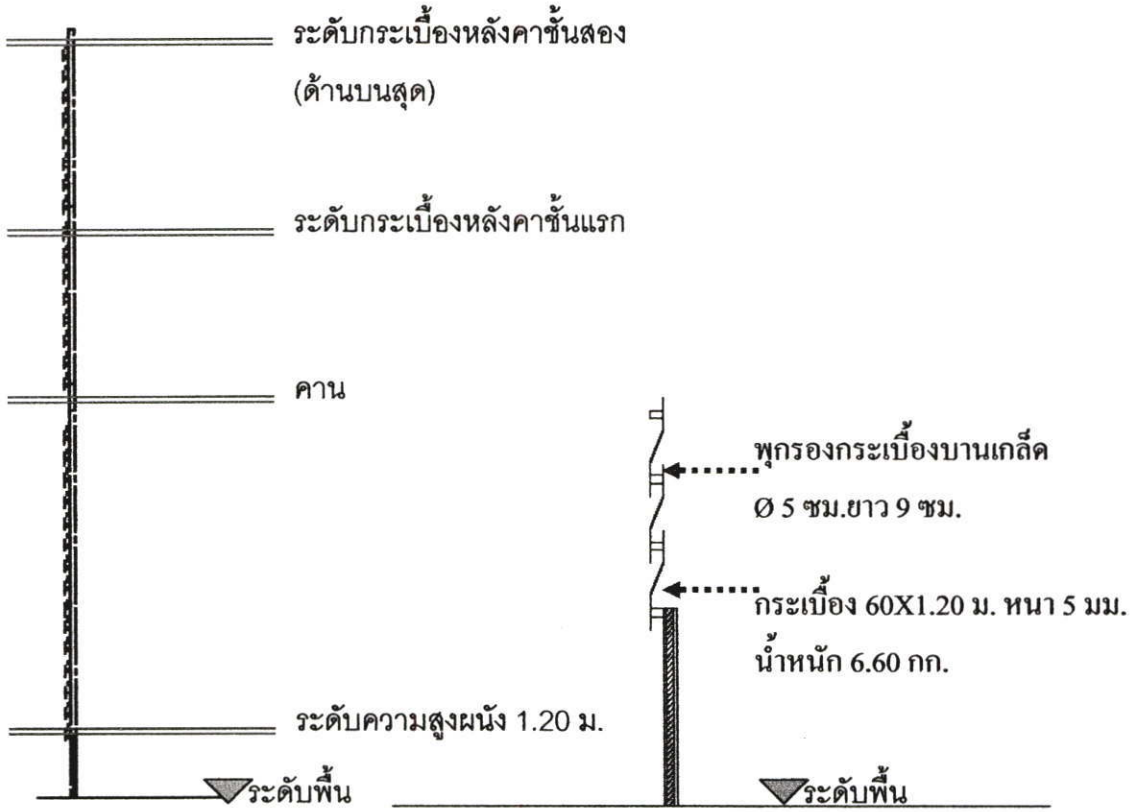
ภาพที่ 4.9 ภาพแสดงรูปตัด C เพื่อใช้กับการทดลองโต๊ะน้ำ และระดับการวัดความเร็วลมภายในหุ่นจำลองที่ทดสอบด้วยอุโมงลมของหุ่นจำลองที่ 1,2 และ 3



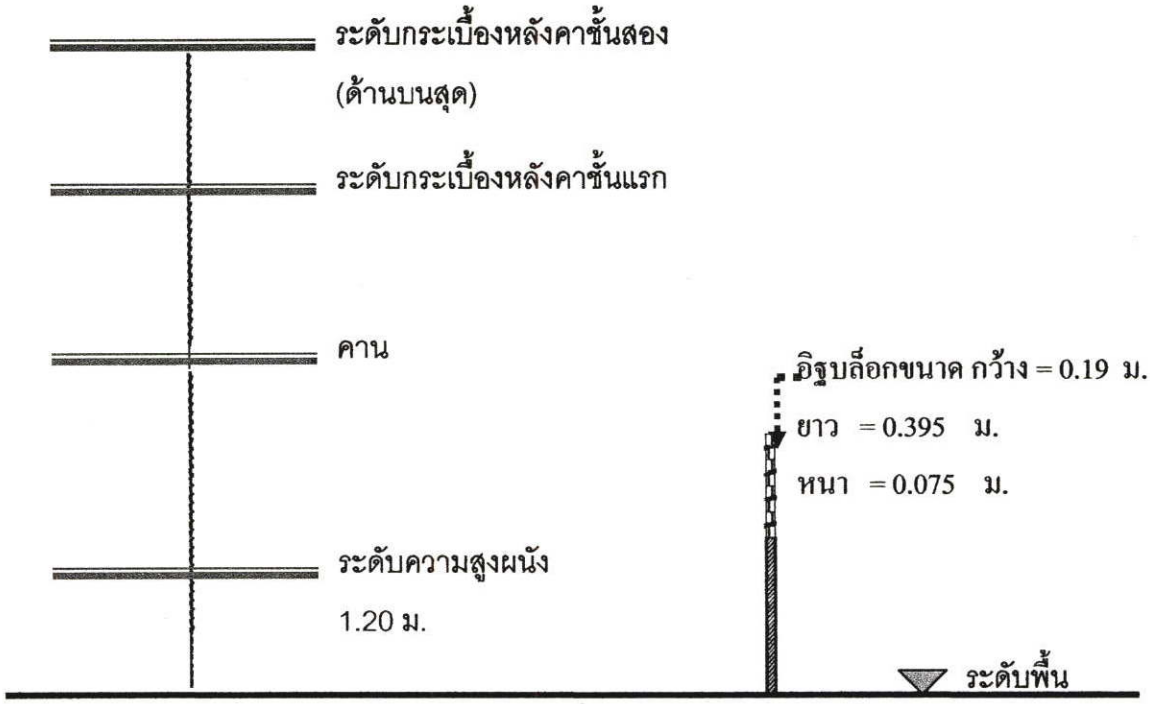
ภาพที่ 4.10 ภาพแสดงรูปตัด D เพื่อใช้กับการทดลองโต๊ะน้ำ และระดับการวัดความเร็วลมภายในหุ่นจำลองที่ทดสอบด้วยอุโมงลม ของหุ่นจำลองที่ 1,2 และ 3

4.2.4 ลักษณะรูปแบบที่ใช้ในการทำผนังของโรงงานอุตสาหกรรม

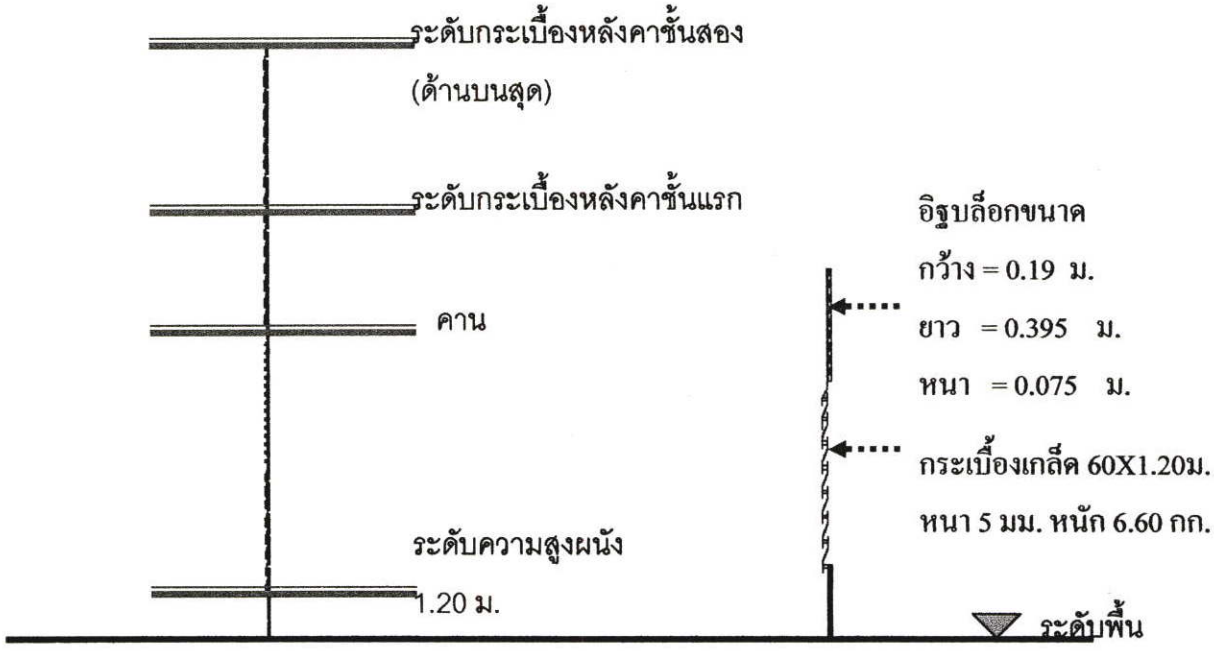
ในการทดลองสามารถสรุปรูปแบบที่ใช้ในการทำการทดลองได้ถึง 3 รูปแบบ คือ การใช้แผ่นกระเบื้องเกล็ดทั้งหมด การใช้อิฐบล็อกทั้งหมด และ การผสมผสานระหว่างเกล็ดกระเบื้อง กับอิฐบล๊อก ดังรูปต่อไปนี้



ภาพที่ 4.11 แสดงภาพตัดผนังที่ใช้เกล็ดกระเบื้องและรายละเอียดของการต่อเกล็ดกระเบื้อง (หุ่นจำลอง 1)



ภาพที่ 4.12 แสดงภาพตัดผนังที่ใช้อิฐบล็อก และ รายละเอียดของการใช้อิฐบล็อก (หุ่นจำลอง 2)

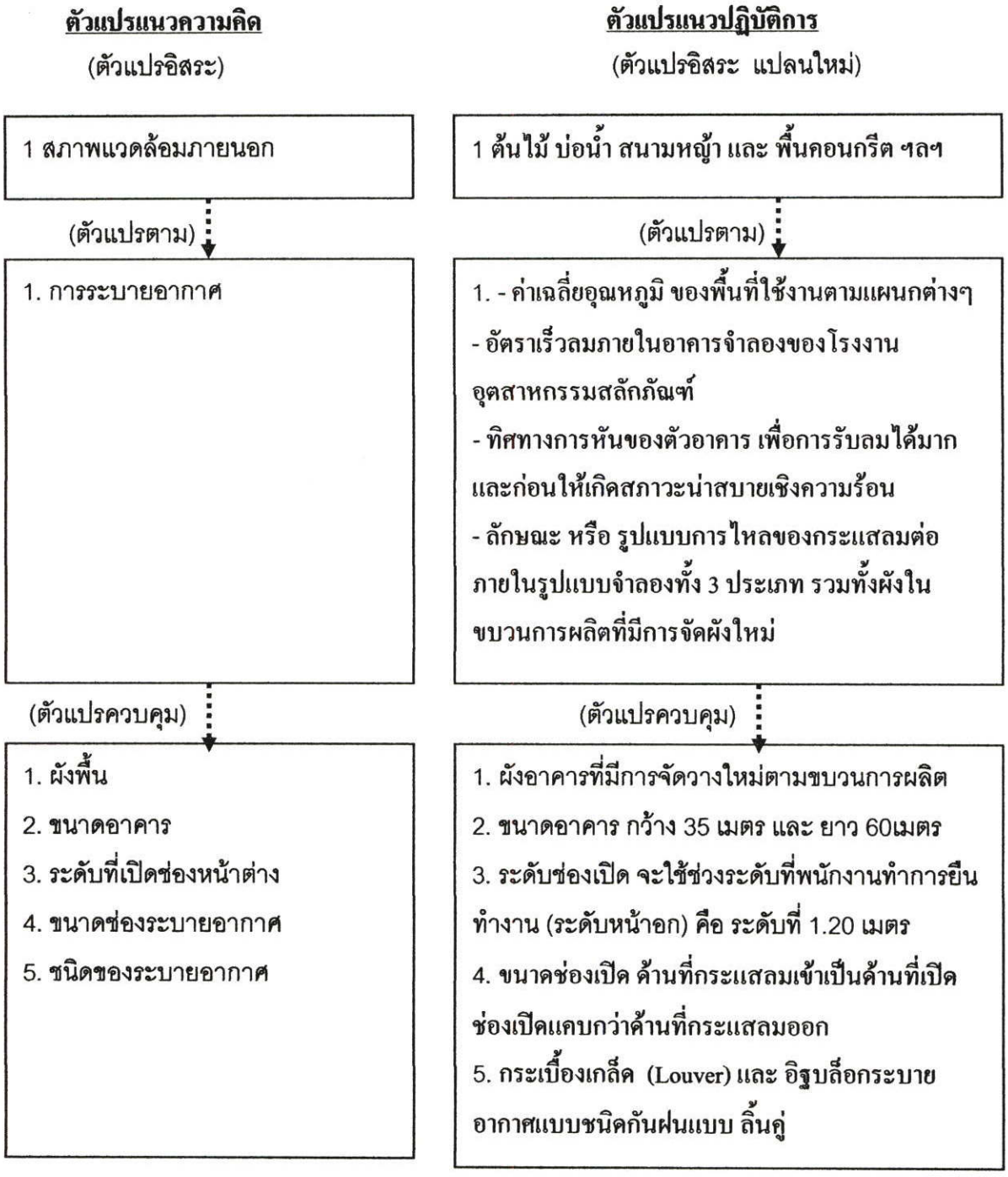


ภาพที่ 4.13 แสดงภาพตัดผนังที่ใช้อิฐบล็อกผสมกับกระเบื้องเกล็ด และ รายละเอียด (หุ่นจำลอง 3)

เนื่องจากขบวนการคิดของหุ่นจำลองทั้ง 3 แบบมีขบวนการคิดที่เหมือนกัน แต่แตกต่าง คือ การใช้วัสดุเท่านั้น คือ หุ่นจำลองที่ 1 คือ การใช้ผนังเป็นเกล็ดกระเบื้องทั้งหมด หุ่นจำลองที่ 2 คือ

การใช้ผนังเป็นอิฐบล็อกชนิดลิ้นคู่ และ หุ่นจำลองที่ 3 คือ การใช้ผนังเป็นเกล็ดกระเบื้องผสมกับอิฐบล็อกชนิดลิ้นคู่ ดังนั้นขบวนการคิดของหุ่นจำลองทั้ง 3 แบบ เป็นลักษณะดังนี้

4.2.5 ขบวนการคิดหุ่นจำลองที่ 1 2 และ 3

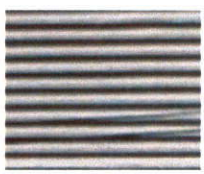


ตารางที่ 4.1 ขบวนการคิดหุ่นจำลองที่ 1,2 และ 3

4.2.6 ขบวนการทดลองเพื่อเลือกวัสดุที่มาใช้กับหุ่นจำลองที่ 1,2 และ 3

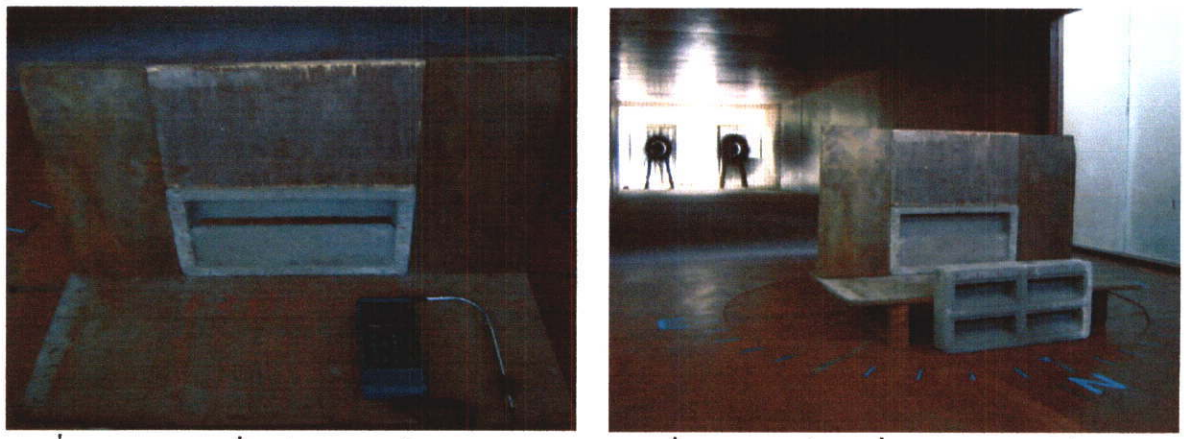
1. ลักษณะอิฐบล็อกต่างๆที่ใช้ในการทำการทดลองเพื่อนำมาหาอัตราเร็วลมที่ลมนั้นสามารถเข้าได้มากที่สุด โดยจะมีลักษณะ และ ค่าต่างๆดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 อัตราเร็วลมเฉลี่ยของวัสดุต่างๆ ที่นำมาใช้ในการทำหุ่นจำลองประเภทต่างๆ

รูปแบบอิฐบล็อกด้านหน้า	รูปแบบอิฐบล็อกด้านหลัง	ขนาด	อัตราเร็วลมเฉลี่ยระยะใกล้วัตถุ	อัตราเร็วลมเฉลี่ยระยะห่าง 10 ซม.	อัตราเร็วลมเฉลี่ยระยะห่าง 20ซม.	อัตราเร็วลมเฉลี่ยระยะห่าง 30ซม.	อัตราเร็วลมเฉลี่ยระยะห่าง 1.00 ม.
1.บล็อกช่องลมชนิดยาว		กว้าง 0.19ม. ยาว 0.395 ม. หนา 0.075 ม ลมผ่าน 0.02ม.	1.19เมตรต่อ วินาที	1.76 เมตรต่อ วินาที	1.71 เมตรต่อ วินาที	0.61เมตรต่อวินาที	0.53 เมตรต่อวินาที
2. บล็อกช่องลมชนิด 4 ช่อง		กว้าง 0.19 ม. ยาว 0.395 ม. หนา 0.075 ม. ระยะช่องลมผ่าน 0.025 ม.	0.81 เมตรต่อวินาที	0.67 เมตรต่อวินาที	0.60 เมตรต่อวินาที	0.59 เมตรต่อวินาที	0.62 เมตรต่อวินาที
3. ชนิดกระเบื้องบานเกล็ด 		กว้าง 0.60 ม. ยาว 2.00 ม. ระยะช่องลมผ่าน 0.10 ม.	วัดด้านหน้าระยะห่าง 10 ซม. ความเร็วลม = 0.36 เมตรต่อวินาที	0.85 เมตรต่อวินาที	1.34 เมตรต่อวินาที	1.78 เมตรต่อวินาที	-

สรุปผลการทดลอง เริ่มทำการทดลองเพื่อหาความเร็วลมเฉลี่ยที่ผ่านช่องลมของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง คือ บล็อกช่องลมชนิดยาว บล็อกช่องลมชนิด 4 ช่อง และช่องกระเบื้องบานเกล็ดการหาค่าความเร็วเฉลี่ยของอิฐบล็อกทั้ง 2 ชนิดนี้ คือ บล็อกช่องลมชนิดแนวยาว และ บล็อกช่องลมชนิด 4 ช่อง เพื่อทำการเปรียบเทียบ เพื่อหาค่าความเร็วเฉลี่ยที่สามารถทำให้กระแสลมพัดผ่านได้มากที่สุดโดยทำการทดลองในอุโมงลม เมื่อวันพุธที่ 1 ธันวาคม 2547 เมื่อเวลา 14:23 น. ซึ่งทำการเปิดพัดลม เพียง 1 ตัว เนื่องจากความเร็วลมของพัดลมอยู่ที่ประมาณ 1.90 เมตรต่อวินาที และมีอุณหภูมิอยู่ที่ 30.90 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นความเร็วลมที่ใกล้เคียงกับความเร็วลมเฉลี่ยของกรุงเทพมหานครคืออยู่ที่ 1.50 เมตรต่อวินาที แต่ความเร็วลมขณะที่ยังไม่เปิดพัดลมในการทดลองจะมีความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 0.09 เมตรต่อวินาที และ อุณหภูมิอยู่ที่ 31 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้ได้ทำการทดลองเพื่อหาความเร็วลมเฉลี่ยของกระเบื้องบานเกล็ด โดยได้ทำการวัดในอุโมงลมเมื่อวันพุธที่ 30 พฤศจิกายน 2548 เมื่อเวลา 15.45 น.อุณหภูมิภายนอก คือ 33.6 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.20 เมตร ต่อวินาที ความชื้นสัมพันธ์ 52.50%



ภาพที่ 4.14 แสดงเครื่องมืออุปกรณ์ในการทำการทดลอง เพื่อหาความเร็วลมที่ลอดผ่านช่องบล็อก

ภาพที่ 4.15 แสดงอุโมงลมที่ใช้ในการทำทดลอง โดยปรับความเร็วลมเทียบเท่ากับความเร็วลม

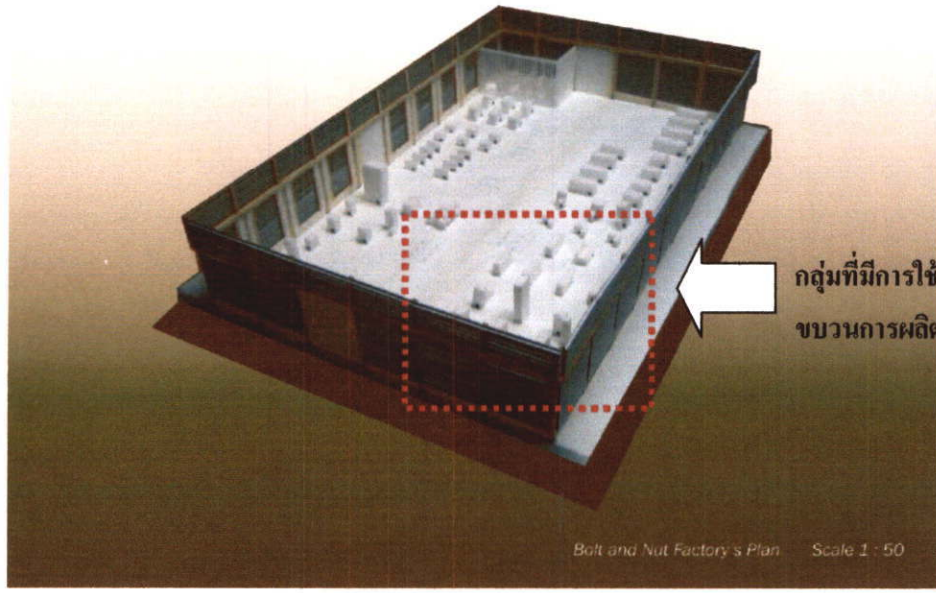
ภาพที่ 4.16 ลักษณะอุปกรณ์ และ การทดสอบภายในอุโมงลม

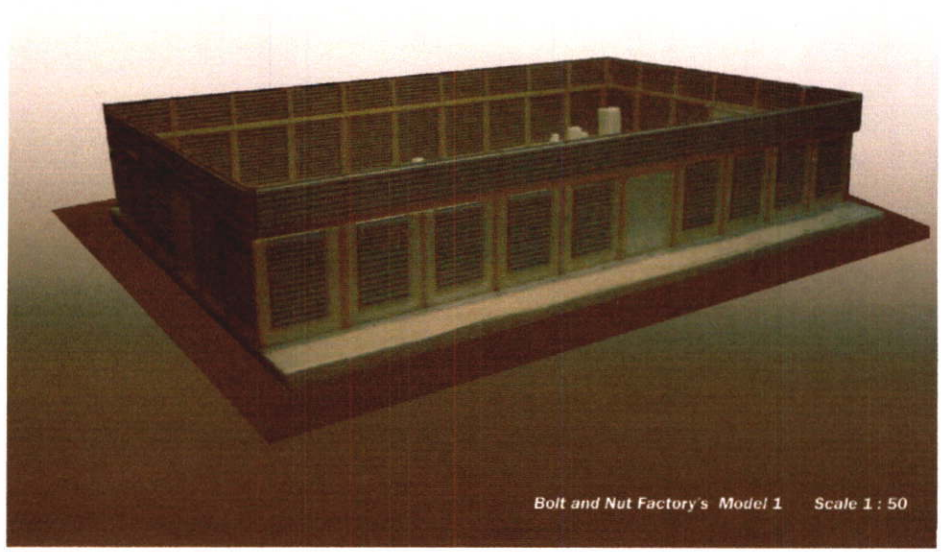
ภาพที่ 4.17 แสดงการใช้กระเบื้องบานเกล็ดเพื่อทำการวัดหาความเร็วลม และการติดตั้ง

สรุปผลการทดลองของบล็อกช่องลมทั้ง 2 ชนิด จะเห็นได้ว่า บล็อกช่องลมชนิดแนวยาวจะมีอัตราเร็วลมผ่านเฉลี่ยอยู่ที่ 1.17 เมตรต่อวินาที **ผ่านมากกว่า** บล็อกช่องลมชนิด 4 ช่อง ซึ่งมีอัตราเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 0.66 เมตรต่อวินาที ดังนั้นการทำแบบจำลองโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์เพื่อทำการทดสอบความเร็วลมนั้นจะเป็นการเลือกใช้บล็อกช่องลมแบบช่องลมชนิดแนวยาว มาใช้ในการทำหุ่นจำลองของโรงงานสลักภัณฑ์

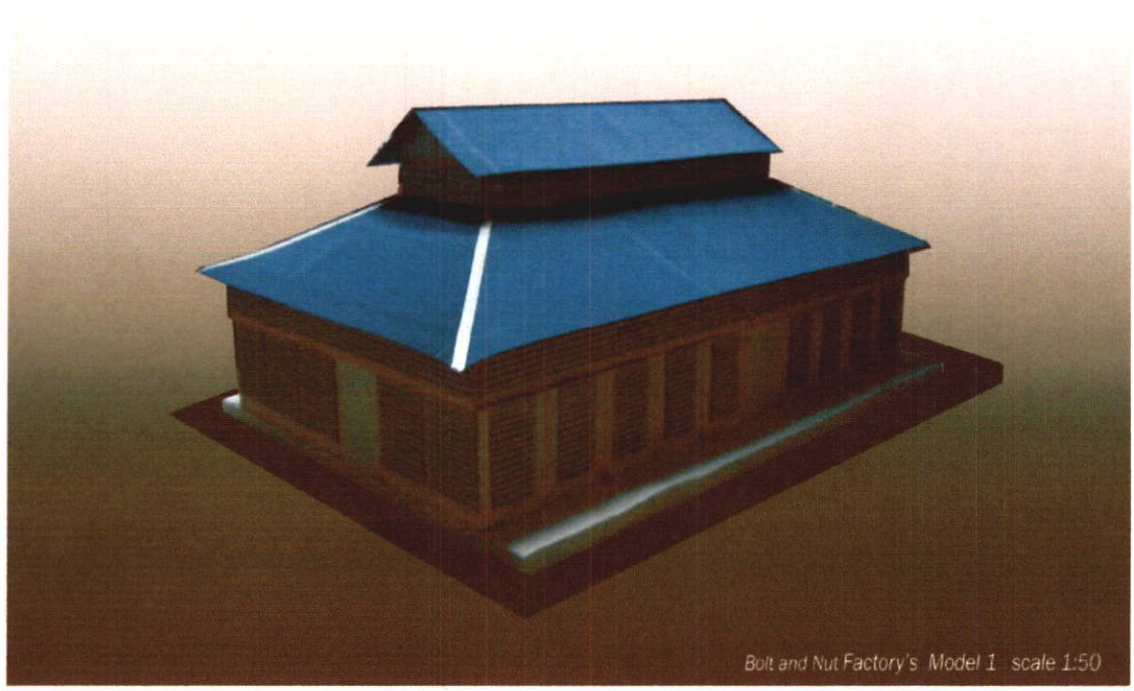
นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยความเร็วลมของการใช้กระเบื้องบานเกล็ด จะมีอัตราเร็วลมผ่านเฉลี่ยอยู่ที่ 1.32 เมตรต่อวินาที ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากระเบื้องบานเกล็ดนั้นจะมีประสิทธิภาพในของการไหลของกระแสลมอยู่ในระดับหนึ่ง แต่ เมื่อมาประกอบกันนั้นความสามารถของกระแสลมนั้นจะสามารถไหลเข้าออกได้ดีหรือไม่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบวัสดุทั้ง 2 เพื่อหาประสิทธิภาพของการไหลของกระแสลมที่เข้าภายในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด ดังนั้น วัสดุที่ใช้ทำการทดลอง คือ กระเบื้องบานเกล็ด และ บล็อกช่องลมชนิดแนวยาวเพื่อทำการหาวัสดุที่ทำให้กระแสลมนั้นพัดผ่านมากที่สุด

4.2.6.1 ลักษณะของหุ่นจำลองที่ 1 คือ การใช้ผนังเป็นกระเบื้องเกล็ด



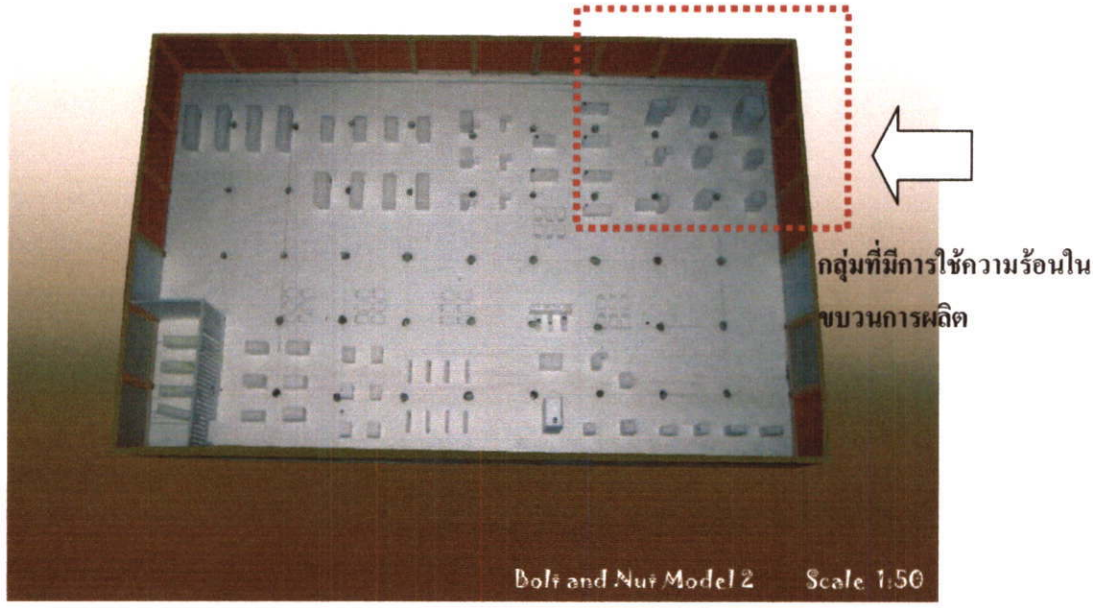


ภาพที่ 4.18 รูปแบบแปลน และ ด้านข้างของหุ่นจำลองโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ มาตราส่วน 1: 50

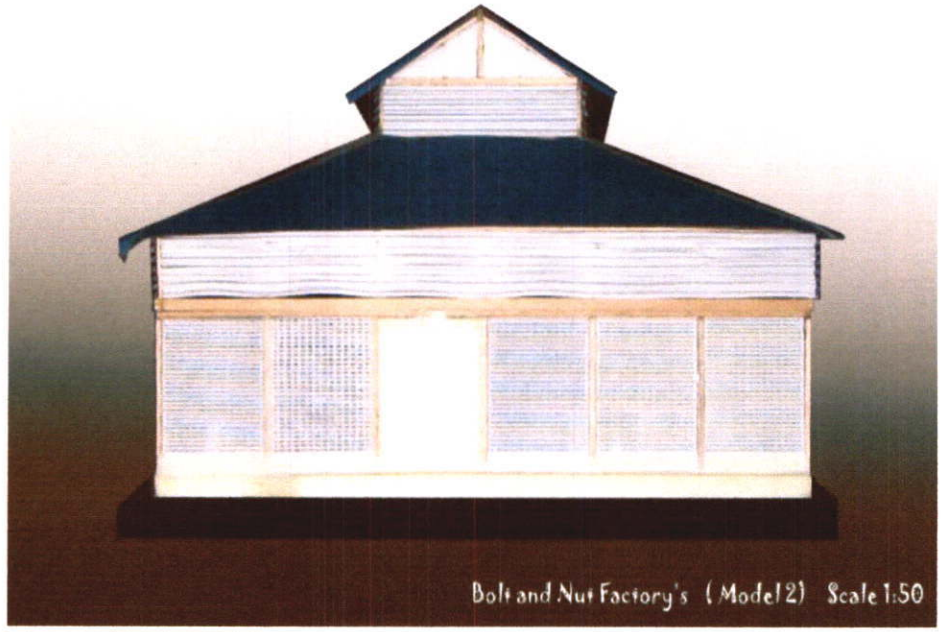


ภาพที่ 4.19 รูปแบบหุ่นจำลองโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ มาตราส่วน 1: 50

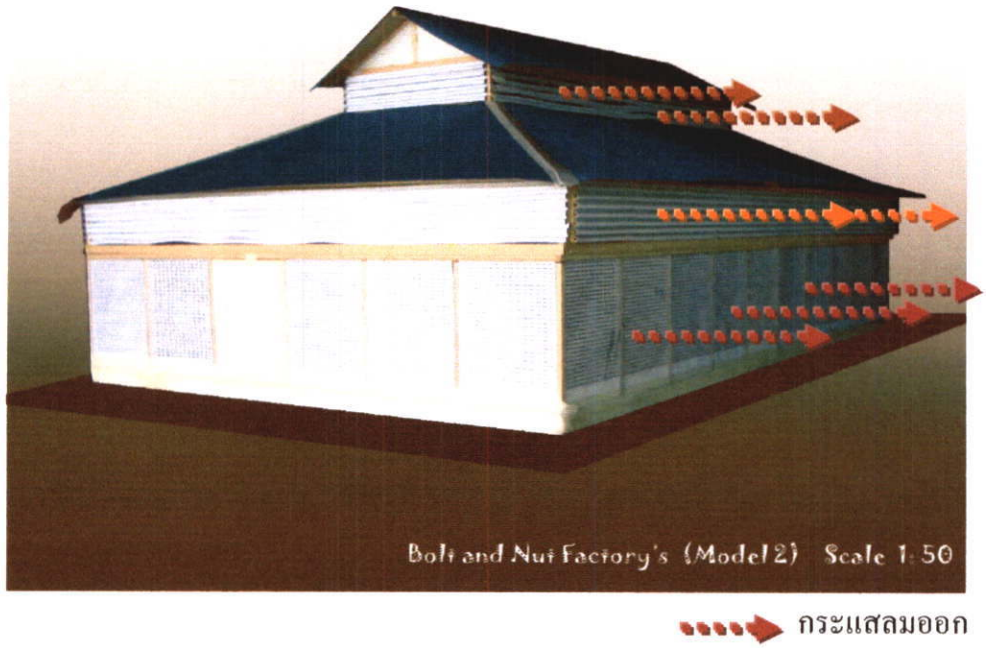
4.2.6.2 ลักษณะแบบจำลองที่ 2 คือ การใช้ผนังเป็นบล็อกช่องลมชนิดลิ้นคู่



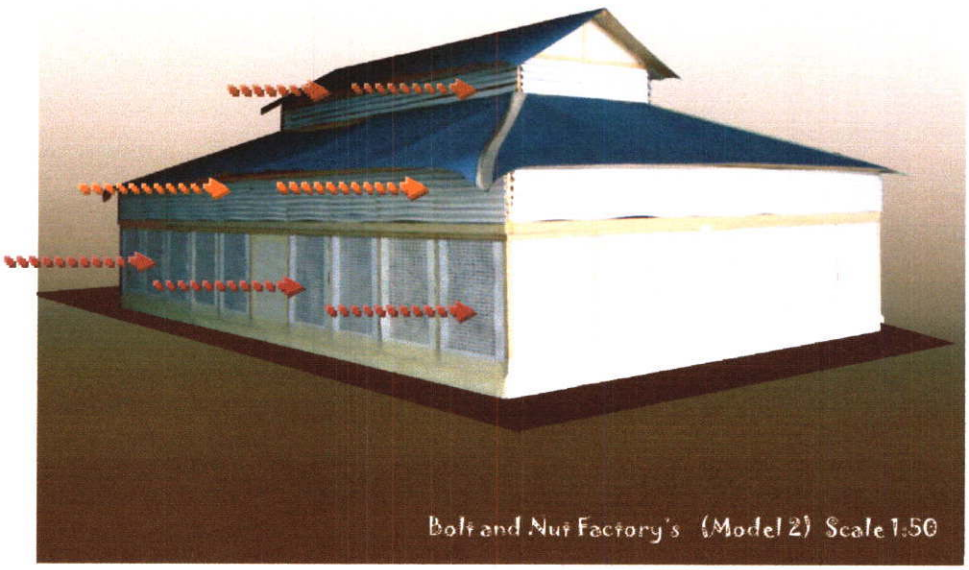
ภาพที่ 4.20 รูปแบบจำลองแปลน ของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ มาตราส่วน 1: 50



ภาพที่ 4.21 รูปแบบภาพด้านหน้า ของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ มาตราส่วน 1: 50



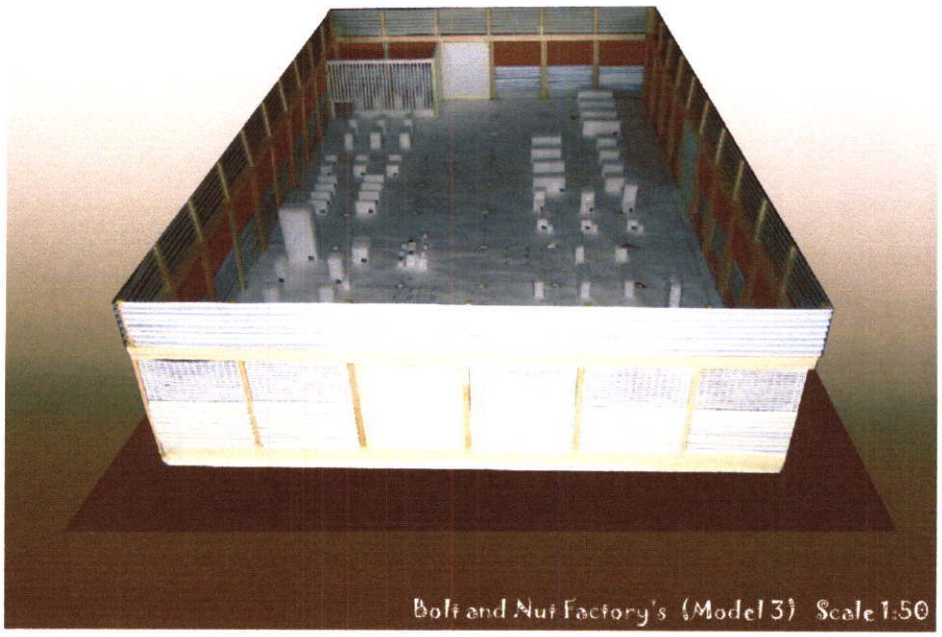
ภาพที่ 4.22 รูปแบบภาพด้านกระแสลมออก ของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ มาตราส่วน 1: 50



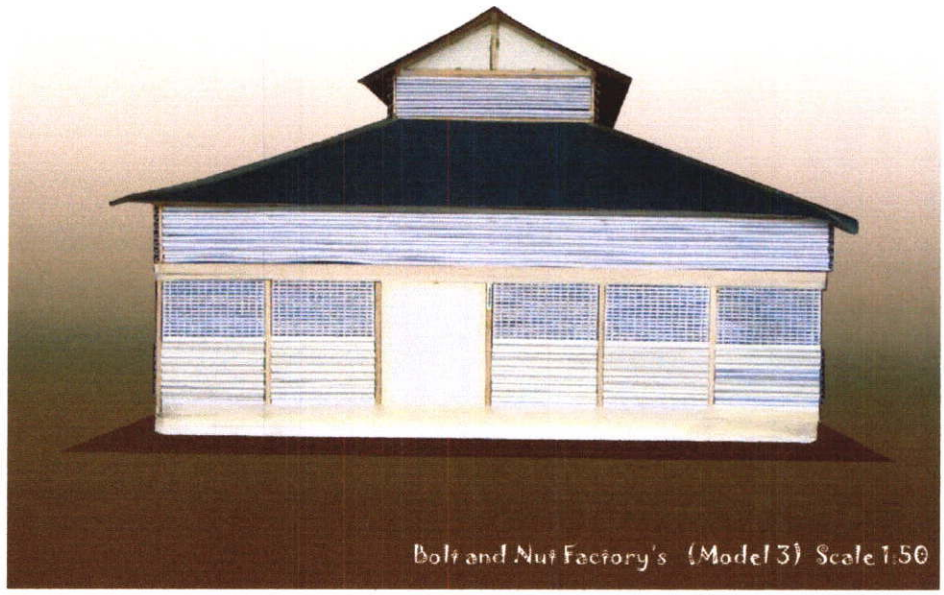
กระแสลมเข้า

ภาพที่ 4.23 รูปแบบจำลองด้านกระแสลมเข้าของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ มาตราส่วน 1: 50

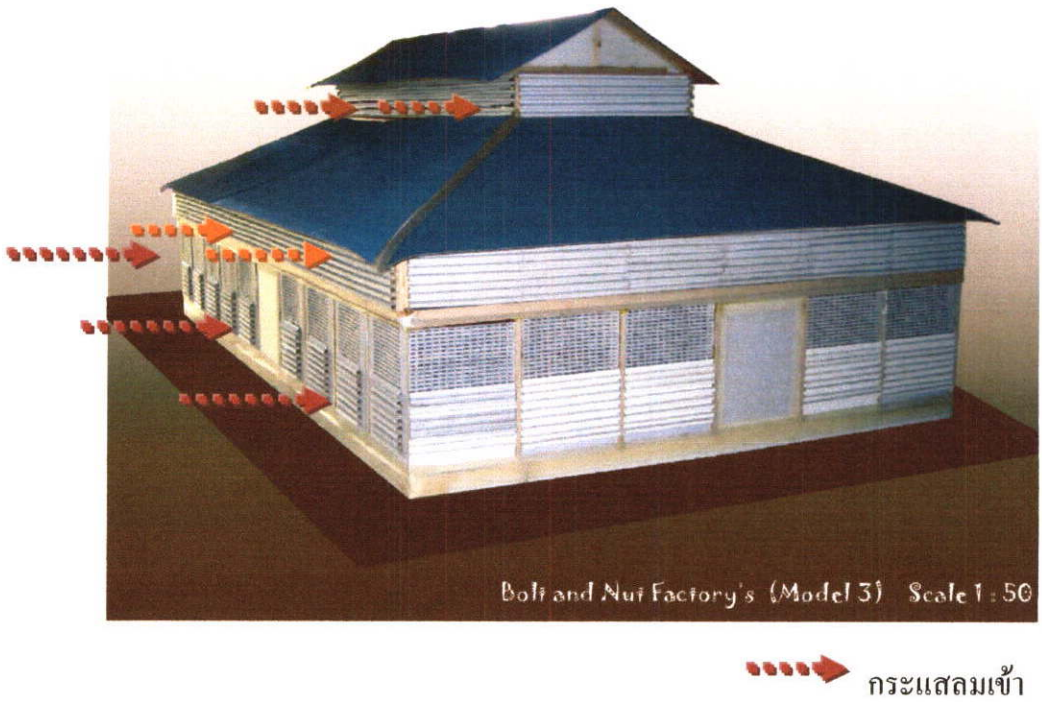
4.2.6.3 ลักษณะแบบจำลองที่ 3 คือ การใช้ผนังเป็นกระเบื้องเกล็ด ผสมกับบล็อกช่องลมชนิดลิ้นคู่



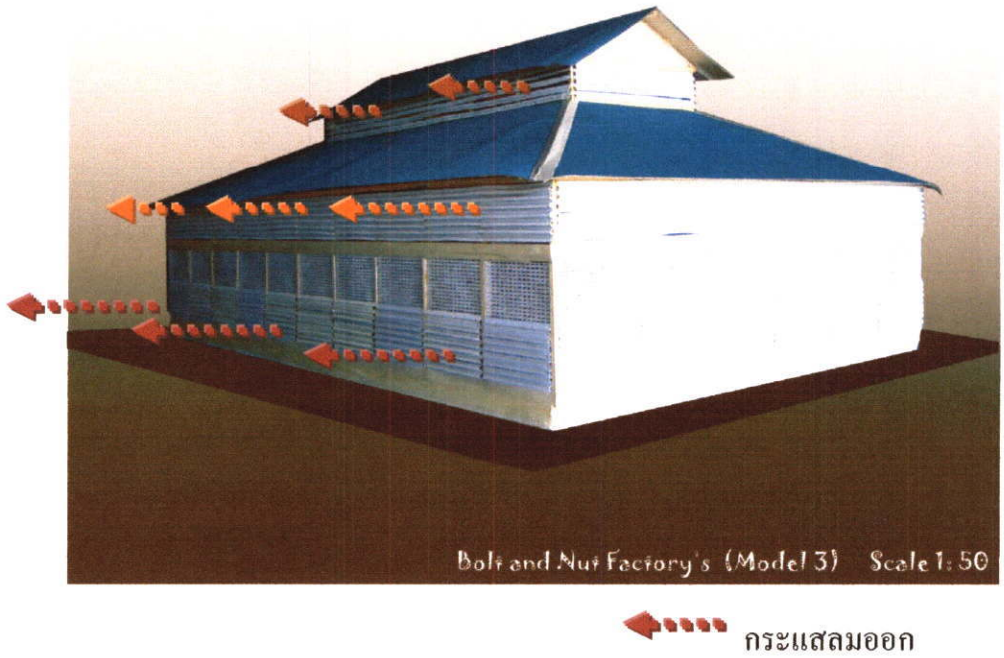
ภาพที่ 4.24 รูปแบบหุ่นจำลองผังภายใน ของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ มาตราส่วน 1: 50



ภาพที่ 4.25 รูปแบบหุ่นจำลอง และรูปแบบด้านหน้าของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ มาตราส่วน 1: 50



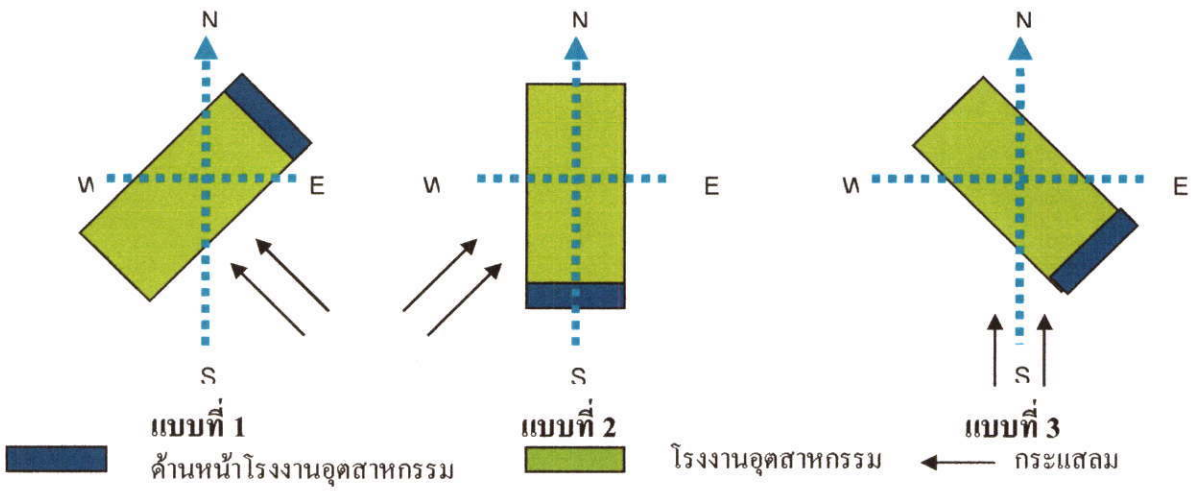
ภาพที่ 4.26 รูปแบบหุ่นจำลองด้านกระแสลมเข้าของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ มาตราส่วน 1: 50



ภาพที่ 4.27 รูปแบบหุ่นจำลองด้านกระแสลมออก ของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ มาตราส่วน 1: 50

4.2.7 รูปแบบการวางหุ่นจำลองในอุโมงค์ลม

การวางหุ่นจำลองอุโมงค์ลม จะใช้หน้าโรงงานเป็นจุดหันไปตามทิศต่างๆ ทั้ง 8 ทิศ เพื่อหาทิศทางของลมที่สามารถเข้ามาภายในโรงงานอุตสาหกรรมได้ดีที่สุด ดังลักษณะต่อนี้



ภาพที่ 4.28 รูปแบบการวางตัวอาคารภายในอุโมงลม (ต่อ)

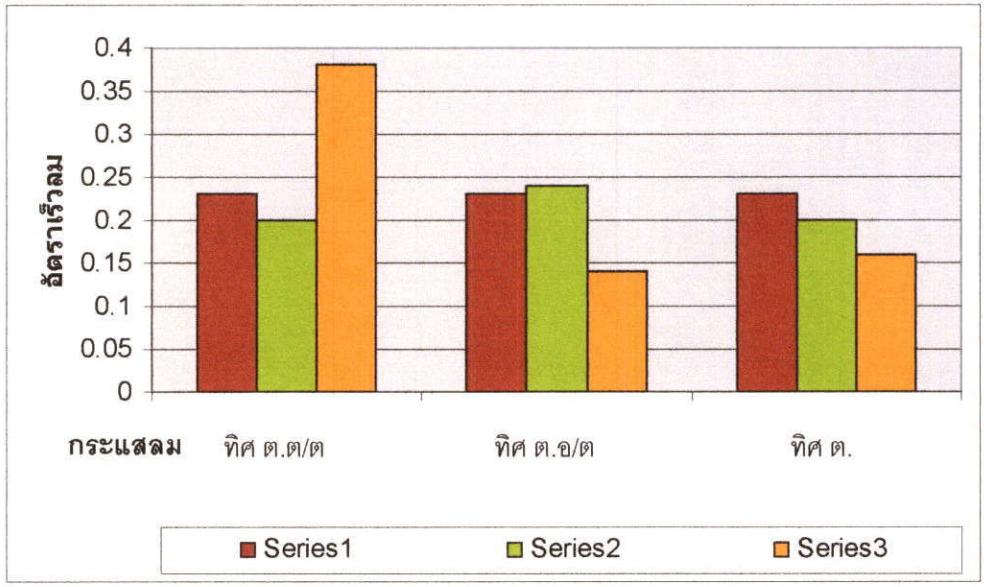
4.3 การวิจัย และ ผลของการวิเคราะห์ของการวัดความเร็วลมภายในอาคารโดยการใช้อุโมงลม

การสรุปข้อมูลอัตราการระบายอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ที่ได้จากการทดลอง และนำมาวิเคราะห์ โดยข้อมูลที่ใช้ในการทดลองแบ่งออกเป็น ข้อมูลของลมที่กระจายตามจุดต่างๆ ของการจำลองโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ ซึ่งรายละเอียดของการวัดจะแสดงในภาคผนวก , ข้อมูลด้านเปอร์เซนต์ของอัตราเร็วลมเฉลี่ย อุณหภูมิ รวมทั้งลักษณะรูปแบบของโรงงานอุตสาหกรรม และ การเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างเป็นต้น เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปสรุปและวิเคราะห์คำถามของการวิจัยตามลำดับ และเสนอแนะในบทต่อไป

การเก็บข้อมูลอัตราเร็วลมนั้นแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ หุ่นจำลองแบบที่ 1 หุ่นจำลองแบบที่ 2 และหุ่นจำลองแบบที่ 3 โดยหุ่นจำลองทั้งหมดมีการเก็บข้อมูลในความสูงระดับที่เท่ากัน คือ 1.20 เมตร และผังของการวางเครื่องจักรที่เหมือนกัน ซึ่งระยะห่างของจุดวัดการวัดอัตราเร็วลมแต่ละจุดนั้นอยู่ที่ 5 เมตร คือ แต่ละช่วงเสาของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลทั้งหมด 8 ทิศ โดยนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยหาว่ารูปแบบของโรงงานอุตสาหกรรมแบบใดที่สามารถระบายความร้อนออกได้ดีที่สุด ซึ่งจากการทดลองสามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

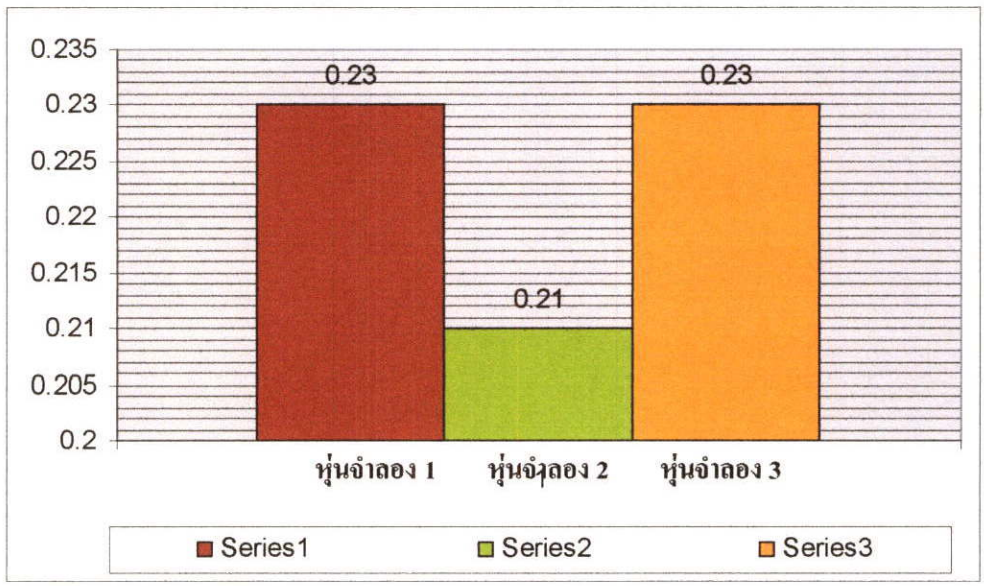
ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่วัดได้

ทิศกระแสลมเข้า	ทิศทางการหันอาคาร	หุ่นจำลอง 1	หุ่นจำลอง 2	หุ่นจำลอง 3
		อัตราเร็วลม	อัตราเร็วลม	อัตราเร็วลม
ทิศตะวันตกเฉียงใต้	ทิศใต้	0.23	0.20	0.38
ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	0.23	0.24	0.14
ทิศใต้	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	0.23	0.20	0.16
ค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ทิศ		**0.23**	**0.21**	**0.23**

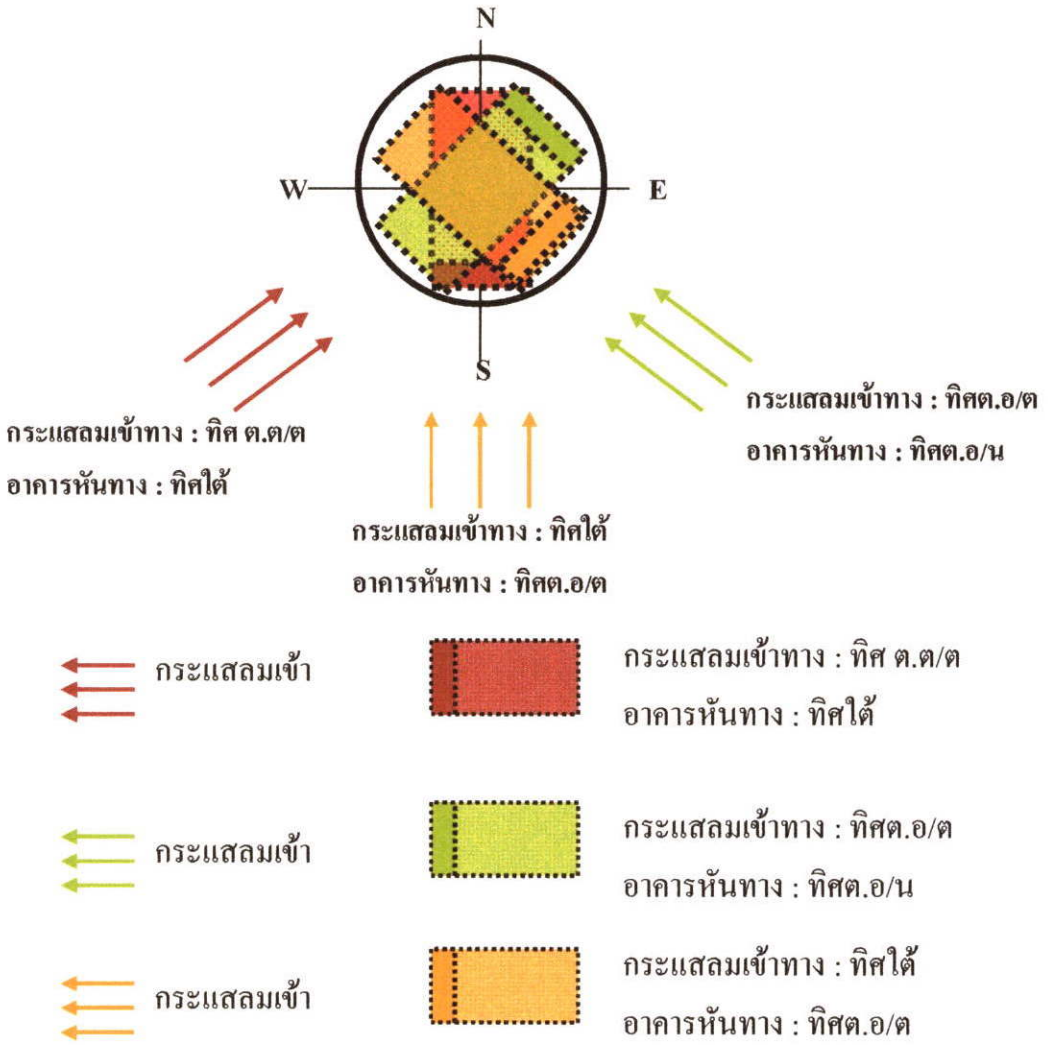


หุ่นจำลองที่ 1 หุ่นจำลองที่ 2 หุ่นจำลองที่ 3

กราฟที่ 4.1 อัตราเร็วลมกับทิศทางของกระแสลม



กราฟที่ 4.2 อัตราเร็วลมเฉลี่ย กับหุ่นจำลองที่ 1-3



ภาพที่ 4.29 รูปแบบการหันตัวอาคาร และทิศทางกระแสลมเข้าสู่อาคาร

จากการทดลองแบบอาคารจำลองทั้ง 3 รูปแบบ กับอุโมงค์ลมแล้ว สามารถสรุปได้ว่า

1. แบบจำลองที่มีการติดช่องระบายอากาศแบบเกล็ดกระเบื้องทั้งหมด (หุ่นจำลองที่ 1) จะมีอัตราเร็วของลมที่สามารถพัดผ่านได้มีค่าเฉลี่ย และอัตราเร็วลมของแต่ละ 3 ทิศทางเท่ากัน คืออยู่ในระดับอัตราเร็วลมที่ 0.23 เมตรต่อวินาที (กราฟที่ 4.1) ซึ่งสามารถหันทิศทางของอาคารจำลองอยู่ทางทิศใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยกระแสลมพัดเข้าสู่อาคารทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และ ทิศใต้ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.29) รวมทั้งอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ที่ 0.23 เมตรต่อวินาที (กราฟที่ 4.2)

2. แบบจำลองที่มีการติดช่องระบายอากาศแบบบล็อคช่องลมชนิดลิ้นคู่ ทั้งหมด (หุ่นจำลองที่ 2) จะมีอัตราเร็วของลมที่สามารถพัดผ่านได้อยู่ที่ 0.24 เมตรต่อวินาทีซึ่งต้องหันทิศทางของอาคารจำลองอยู่ทิศตะวันออกเฉียงเหนือโดยมีกระแสลมพัดเข้าสู่อาคารทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนทิศทางของอาคารที่หันทางด้านทิศใต้(กระแสลมเข้าสู่อาคารด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้) มีอัตราเร็วอยู่ที่ 0.20 เมตรต่อวินาที และ อาคารที่หันทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (กระแสลมเข้าทางทิศใต้) มีอัตราเร็วอยู่ที่ คือ 0.16 เมตรต่อวินาที (กราฟที่ 4.1) และอัตราเร็วลมเฉลี่ยทั้ง 3ทิศทางที่อาคารหันนั้นอยู่ที่ 0.21 เมตรต่อวินาที (กราฟที่ 4.2) โดยต้องหันอาคารได้กับทิศใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงใต้ เป็นต้น (ภาพที่ 4.29)

3. แบบจำลองที่มีการติดช่องระบายอากาศแบบบล็อคช่องลมชนิดแบบลิ้นคู่ครึ่งหนึ่งของผนัง 1 แผง ผสมกับการติดเกล็ดกระเบื้องครึ่งหนึ่งของผนัง1แผงของโรงงานโดยที่จะให้ เกล็ดกระเบื้องอยู่ด้านล่างขอบล็อคช่องลมชนิดลิ้นคู่ (หุ่นจำลองที่ 3) โดยจะมีอัตราเร็วของลมที่สามารถพัดผ่านได้อยู่ที่ 0.38 เมตรต่อวินาที ซึ่งต้องหันทิศทางของอาคารจำลองอยู่ทิศใต้ โดยกระแสลมเข้าสู่อาคารทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนอาคารที่หันทางทิศตะวันออกเฉียงใต้มีอัตราเร็วลมอยู่ที่ 0.16 เมตรต่อวินาที (กระแสลมเข้าสู่อาคารทางทิศใต้) และอาคารที่หันทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือมีอัตราเร็วลมอยู่ที่ 0.14 เมตรต่อวินาที(กระแสลมเข้าสู่อาคารทางทิศตะวันออกเฉียงใต้) (กราฟที่ 4.1) ส่วนอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ที่ 0.23 เมตรต่อวินาทีโดยสามารถหันอาคารได้กับทั้ง 3 ทิศทาง คือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และ ทางทิศใต้เป็นต้น (กราฟที่ 4.2) ซึ่งแบบจำลองที่ 3 เป็นแบบจำลองที่สามารถทำให้ลมระบายอากาศมากที่สุด คืออยู่ที่ระดับ 0.38 เมตรต่อวินาที โดยจะต้องหันอาคารทางเข้าไปทางทิศใต้เท่านั้น จากการทบทวนวรรณกรรม (ตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4) เรื่องการระบายอากาศของโครงการมหาวิทยาลัยเขียวสะอาด มหาวิทยาลัยศิลปกร เขตเพชรบุรี แล้วพบว่า ทิศทางลมใต้นั้นเป็นลมที่เกิดเป็นระยะนานที่สุด คือเกิดช่วงเดือน มกราคม จนถึงเดือน กรกฎาคม ซึ่งมีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ที่ 37.44% เป็นทิศที่มีอัตราเร็วลมมากที่สุด (รองศาสตราจารย์ มาลินี ศรีสุวรรณ .2546) ดังนั้นจะได้ว่าอาคารที่หันไปทางทิศใต้ (กระแสลมเข้าทางทิศตะวันตกเฉียงใต้) ของแบบจำลองประเภทที่ 3 จะสามารถทำให้ลมนั้นพัดผ่านภายในอาคารมากที่สุดตามผลสรุปของการทดลองเพียงทิศเดียวเท่านั้น

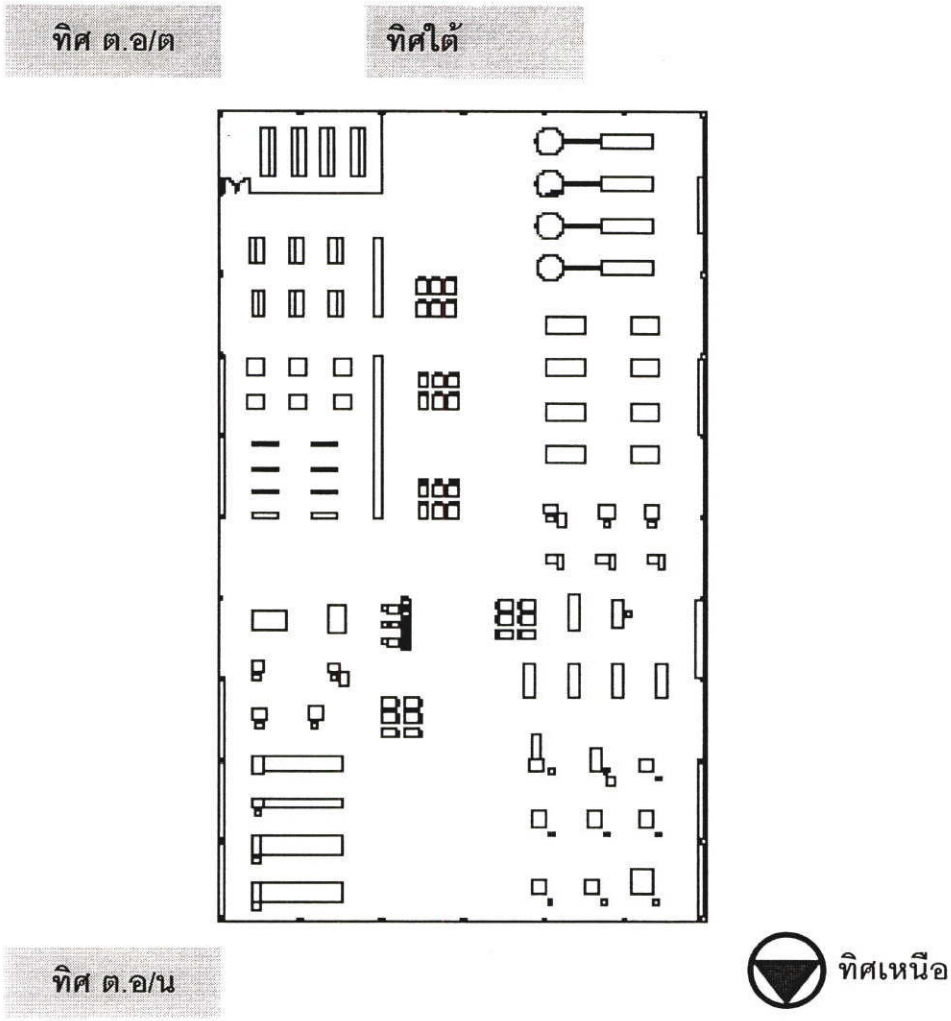
ดังนั้นสามารถสรุปได้จากการทดลองทั้ง 3 รูปแบบแล้ว พบว่าผลการทดลองที่หันอาคารทั้ง 3 ทิศทาง คือ ทางทิศใต้(กระแสลมพัดทางทิศตะวันตกเฉียงใต้) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ(กระแสลมพัดทางทิศตะวันออกเฉียงใต้) และอาคารที่หันทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (กระแสลมพัดทางทิศใต้) จะสามารถสรุปได้ว่า หุ่นจำลองที่ 1 และหุ่นจำลองที่ 3 เป็นหุ่นจำลองที่สามารถทำให้เกิดอัตราเร็วลมเฉลี่ยเท่ากัน คือ 0.23 เมตรต่อวินาที ซึ่งเมื่อดูรายละเอียดของทิศทั้ง 3 แล้วพบว่าทิศทั้ง 3 ที่ประกอบด้วยกระแสลมที่พัดทั้งด้าน ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และ ทิศตะวันออกเฉียงใต้นั้น หุ่นจำลองที่ 1 จะมีอัตราเร็วลมทุกทิศทางในระดับเท่ากัน คือ 0.23 เมตรต่อวินาที จึงสามารถสรุปได้

ว่าถ้ากระแสลมที่เกิดช่วงฤดูร้อนที่เป็นกระแสลมที่ยาวนานที่สุดนั้นจะทำให้กระแสลมสามารถพัดเข้า และนำกระแสลมออกได้ดีที่สุดของทั้ง 3ทิศทางในรูปแบบจำลองที่ 1

4.4 การวิจัย และผลของการวิเคราะห์ทิศทางกระแสลม และการระบายอากาศสำหรับอาคารโดยการใช้โต๊ะน้ำ (Flow Visualization Apparatus)

อาคารโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน็อตสกรูเป็นโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ความร้อนสูง เนื่องจากมีการใช้แก๊สในขบวนการผลิตขึ้นรูป โดยตัวอาคารนั้นมีบลักษณะแบบอาคารชั้นเดียวจากการทบทวนวรรณกรรม เรื่อง การวางแผนโรงงานอุตสาหกรรม Plant Layout and Design, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท (สมศักดิ์ ตรีสัตย์. 2537 : พิมพ์ครั้งที่ 14) ส่วนภายในโรงงานนั้นการวางผังนั้นจะเป็นไปตามขบวนการผลิตสกรูน็อตของภายในโรงงานนั้นๆ ซึ่งการศึกษานี้จะเป็นการศึกษาถึงการไหลของกระแสลมที่พัดผ่านภายในอาคารตามช่องระบายต่างๆ เพื่อให้เกิดการระบายได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

การทำหุ่นจำลองนั้นจะใช้มาตราส่วนที่แตกต่างกัน คือ แปลนอาคารใช้มาตราส่วน 1:250 ส่วน รูปด้านใช้อัตราส่วน 1 : 100(รูปตัดอาคารด้านสั้น) และ 1:125 (รูปตัดอาคารด้านยาว) โดยจะมีการใช้แผ่นพลาสติกที่มีความหนาน้อยที่สุด เช่น แผ่นพลาสติกที่ฉายสไลด์ เป็นต้น และ แผ่นยางประเก็นกันน้ำหนา 0.2 เซนติเมตร แทนส่วนกำแพง ประตู และเว้นช่องที่เป็นช่องเปิดทั้งส่วนผังอาคาร และ รูปตัดตามแบบที่กำหนด นำมาทดลองกับการไหลของน้ำ คือการใช้โต๊ะน้ำ (Flow Visualization Apparatus) ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร (รูปภาพที่ 3.40) รูปโต๊ะน้ำ โดยรูปแบบแปลน ที่ใช้ในการทำการทดลองโดยจะมีลักษณะดังต่อไปนี้



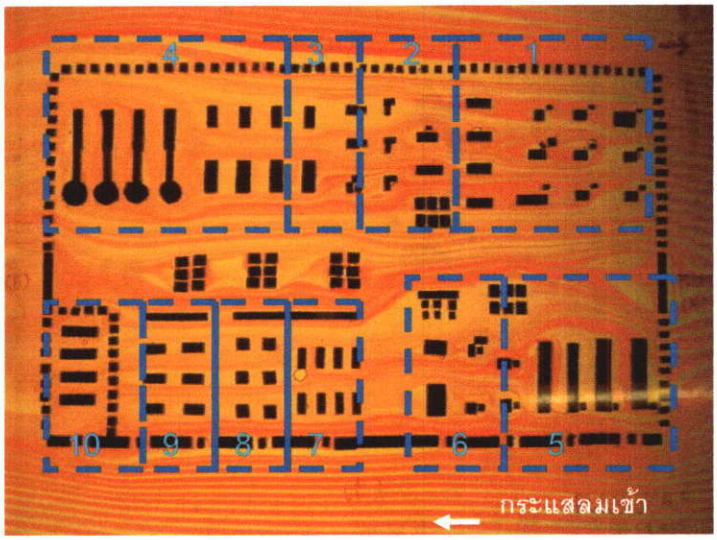
ภาพที่ 4.30 ภาพแปลนที่ใช้ทำการทดลองโต๊ะน้ำเพื่อหาการไหลเวียนของอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

4.5 สรุปผลการทดลองโต๊ะน้ำ

4.5.1 การทดลองโต๊ะน้ำ กับส่วนผังอาคารโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

ทิศทีใช้ในการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ด้านซึ่งแต่ล่ะด้านมีความแตกต่างกันของการไหลเวียนกระแสลมโดยจะมีผลดังต่อไปนี้

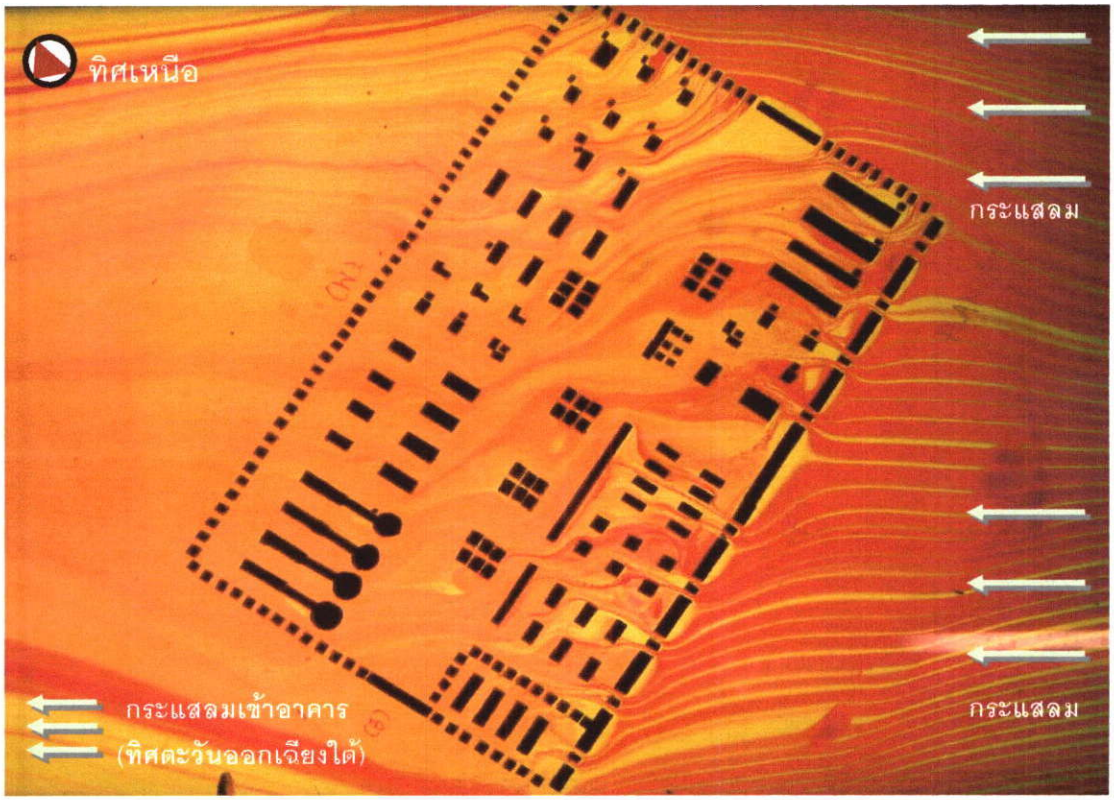
4.5.1.1 การทดลองส่วนผังอาคารด้านหน้า (1)



1 แผนกปั๊มร้อน
2 แผนกกลึง และทำแม่พิมพ์
3 แผนกปาดคอ และ แผนกเจาะรูหัวน๊อต
4 แผนกปั๊มเย็น
5 แผนกตัดเหล็ก
6 แผนกตอกเหลี่ยม และยิงทราย
7 แผนกเหลา
8 แผนกรีดเกลียว
9 แผนกต๊าปหัวน็อต
10 แผนกเก็บของ (Stock)

ภาพที่ 4.31 แสดงแผนกต่างๆ ภายในอาคาร โรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

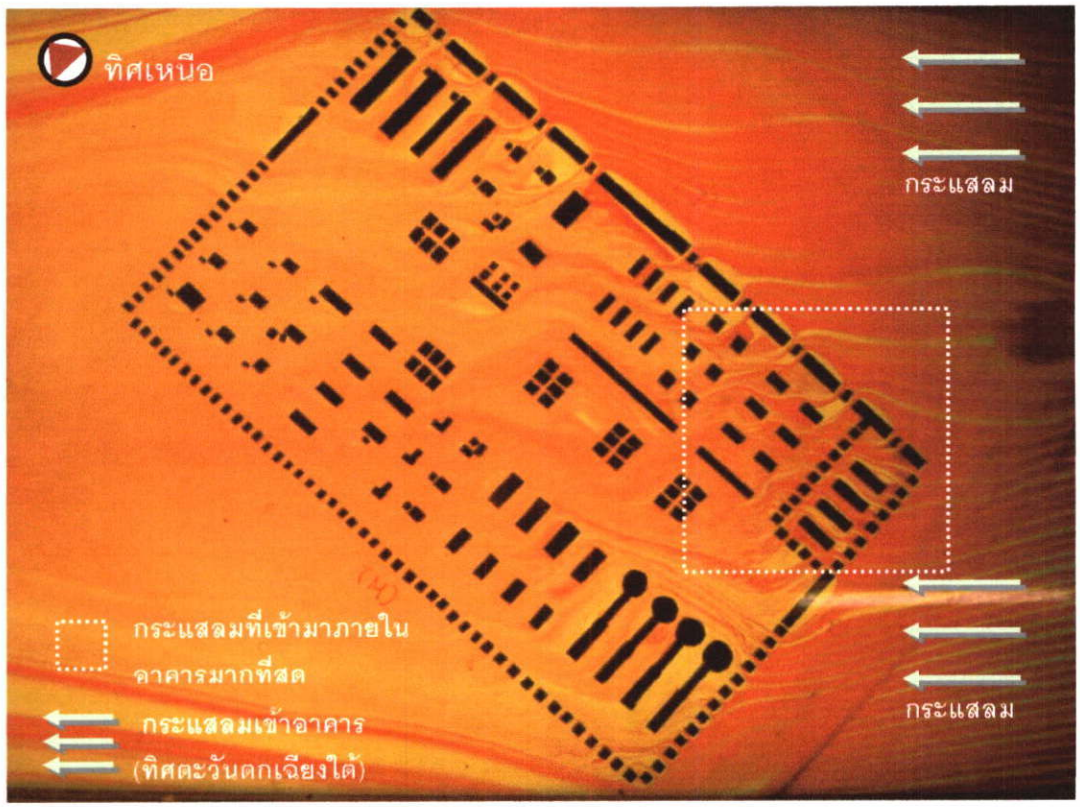
4.5.1.1 การทดลองส่วนผังอาคารที่หันทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (กระแสลมเข้าทางด้านทิศ ตะวันออกเฉียงใต้)



ภาพที่ 4.32 แสดงทิศทางกระแสลมที่เข้าตัวอาคารด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของโรงงาน

จากภาพที่ 4.32 เห็นได้ว่ากระแสลมจะมีการพัดผ่านได้ดี ซึ่งกระแสลมแรงมากที่สุดบริเวณส่วนที่มีด้านเปิดลมเข้าน้อย และลมสามารถกระจายได้อย่างทั่วถึง โดยเฉพาะส่วนที่เป็นแผนกปั๊มร้อนลมจะสามารถพัดผ่านเข้า และ ออกได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นการวางอาคารรับกับกระแสลมในแบบตัวอย่างนี้ดีที่สุด เพราะ กระแสลมร้อนที่สามารถระบายออกได้อย่างง่าย

4.5.1.2 การทดลองส่วนผังอาคารที่หันทางด้านทิศใต้ (กระแสลมเข้าทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้)

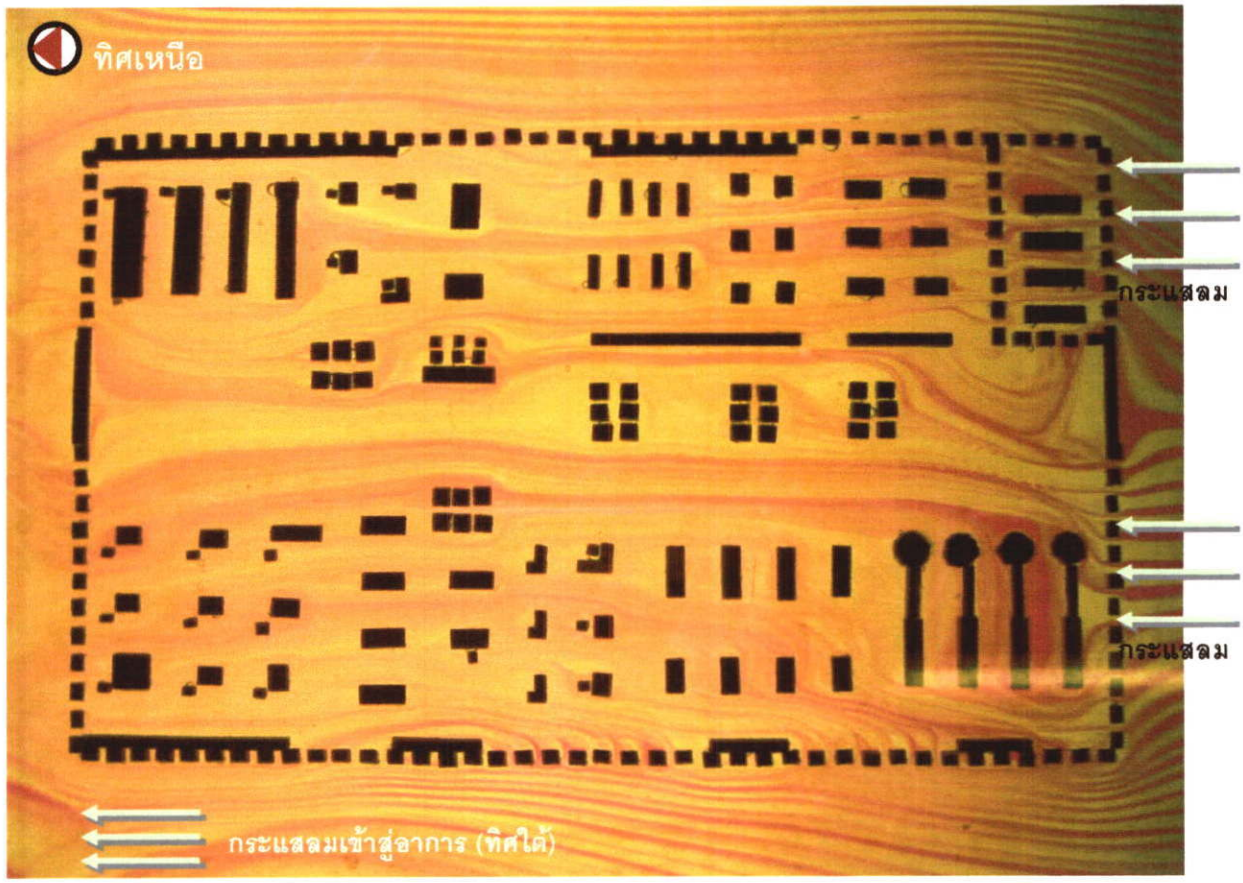


ภาพที่ 4.33 แสดงทิศทางกระแสลมที่เข้าตัวอาคารด้านทิศใต้ของโรงงาน

จากภาพที่ 4.33 จะเห็นได้ว่ากระแสลมที่พัดมากที่สุดจะอยู่บริเวณส่วนของห้องเก็บน็อต และ ส่วนบริเวณของแผนกต๊าปหัวน็อต ส่วนบริเวณโดยรอบจะเป็นกระแสลมที่มีความเร็วของลมนั้นแผ่วเบาโดยเฉพาะบริเวณส่วนปั๊มร้อน ส่วนแผนกกลึงที่มีกระแสลมที่ต่ำ และบางส่วนของแผนกปั๊มเย็นจะไม่มีกระแสลมเข้าเลย

สรุปได้ว่าความร้อนจะสามารถระบายออกได้ช้า เนื่องมาจากกระแสลมที่พัดได้น้อยตามผลการทดลอง

4.5.1.3 การทดลองส่วนผังอาคารที่หันทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (กระแสลมเข้าทางด้านทิศใต้)



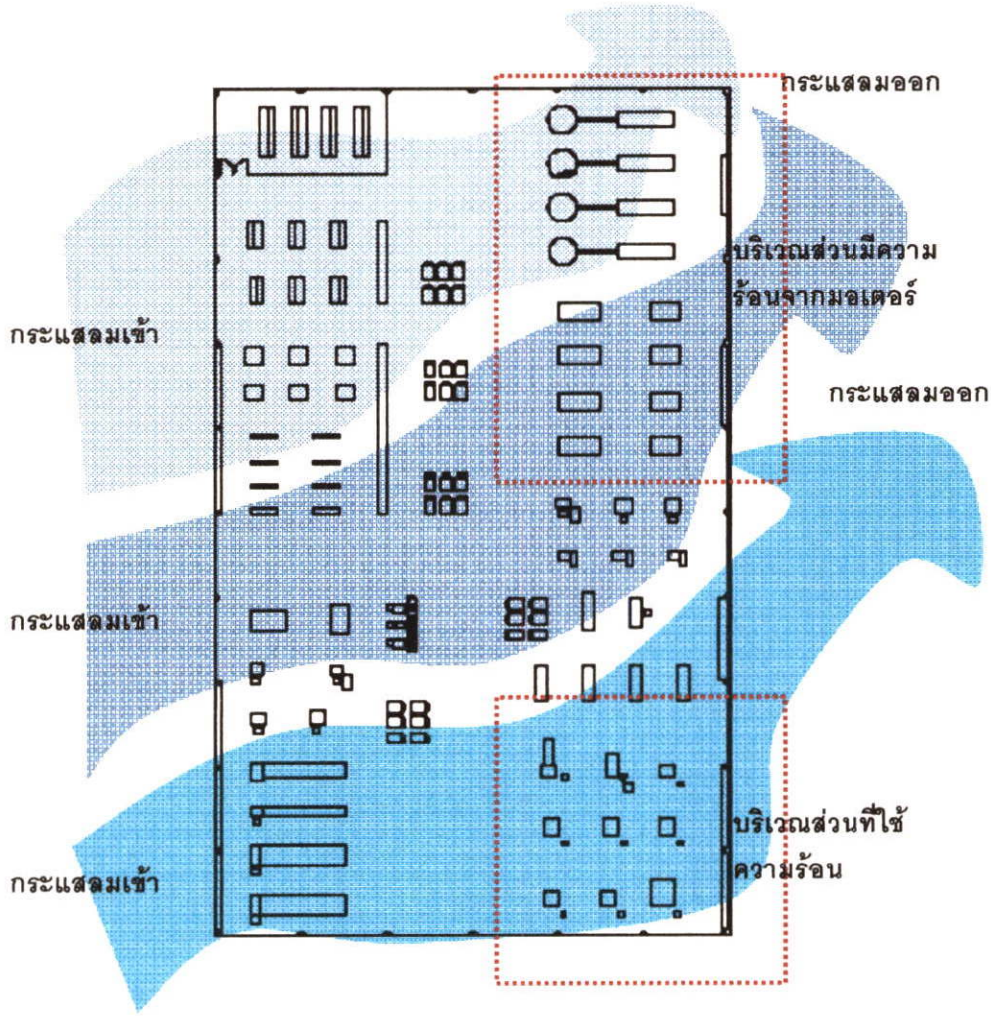
ภาพที่ 4.34 แสดงทิศทางกระแสลมที่เข้าตัวอาคารด้านทิศใต้ของโรงงาน

จากภาพที่ 4.34 จะเห็นได้ว่า บริเวณที่มีลมเข้ามากที่สุดเป็นบริเวณส่วนเก็บของซึ่งกระแสลมจะไหลผ่านได้ดี ส่วนบริเวณแผนกปั๊มร้อนจะเห็นได้ว่ากระแสลมนั้นพัดผ่านได้มากเพียงบางช่วงของแผนกปั๊มร้อน และส่วนบริเวณมุมอาคารที่อยู่ตรงข้ามกับการไหลของกระแสลมบริเวณนั้นจะเป็นช่วงที่อับมาก เพราะกระแสลมนั้นไหลผ่านน้อยทำให้บริเวณส่วนแผนกปั๊มร้อนที่อยู่มุมตึกและ ส่วนของแผนกปั๊มเย็นนั้นเกิดความร้อนสะสมได้ ดังนั้น การหันอาคารที่มีช่องเปิดเล็กกว่าโดยเป็นการรับกระแสลมเข้าภายในอาคาร และให้ช่องเปิดลมออกนั้นใหญ่กว่าจะทำให้ลมนั้นสามารถเข้าและพัดผ่านได้ไม่ทั่วบริเวณ โดยเฉพาะบริเวณที่ใช้ความร้อน เช่น แผนกปั๊มร้อนเป็นต้น

4.5.2 สรุปผลการทดลองของโต๊ะน้ำ กับผังโรงงานอุตสาหกรรมสกรูนอต

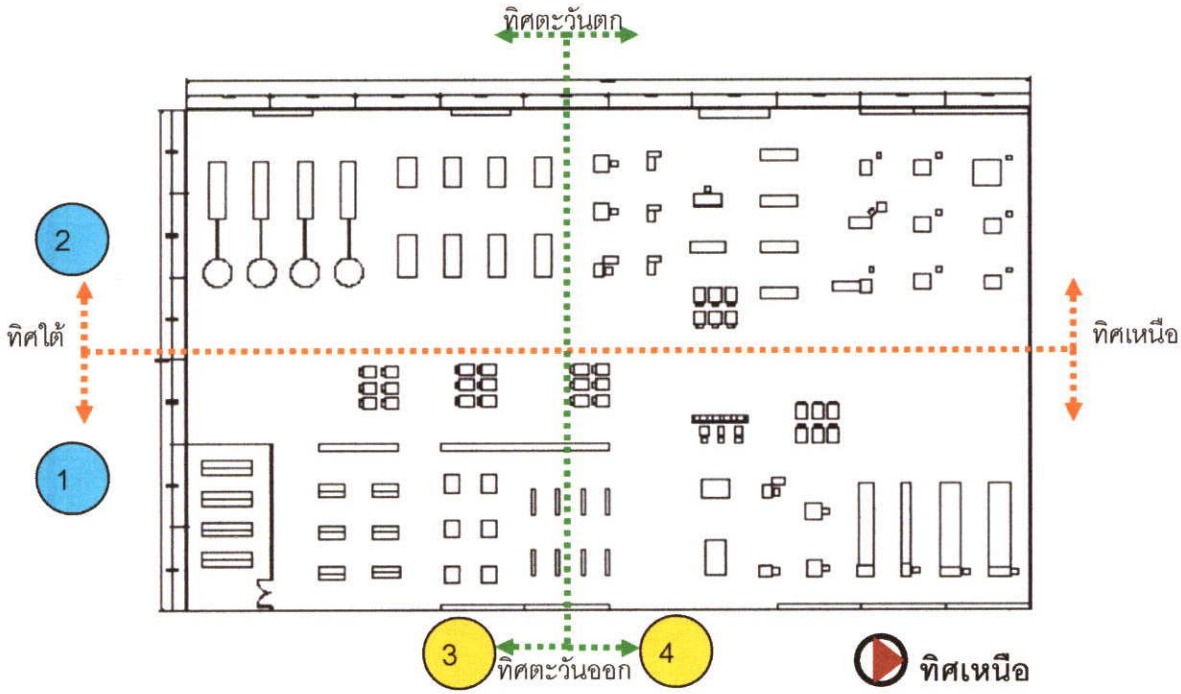
สรุปผลการทดลองของโต๊ะน้ำที่แทนกระแสลม กับผังโรงงานอาคารจะได้ว่า การวางหันตัวอาคารด้านเฉียงโดยที่ช่องเปิดของกระแสลมเข้านั้นแคบกว่าด้านเปิดของกระแสลมออกนั้นทำ

ให้ผลของการพัดผ่านลมนั้นดี โดยที่จะสามารถพัดเอาความร้อนออกได้ ในลักษณะด้านแคบ ซึ่งทำให้ความร้อนนั้นไม่สามารถแผ่กระจ่ายไปโดยแผนกอื่นๆได้มาก ดังนั้นจึงเห็นว่ารูปแบบการวางแบบที่ 8 จึงเหมาะที่สุดในการเอาความร้อนของแผนกที่ใช้ความร้อนออกได้ดี



ภาพที่ 4.35 แสดงทิศทางของกระแสลมเข้า และ กระแสลมออกที่ดีที่สุด

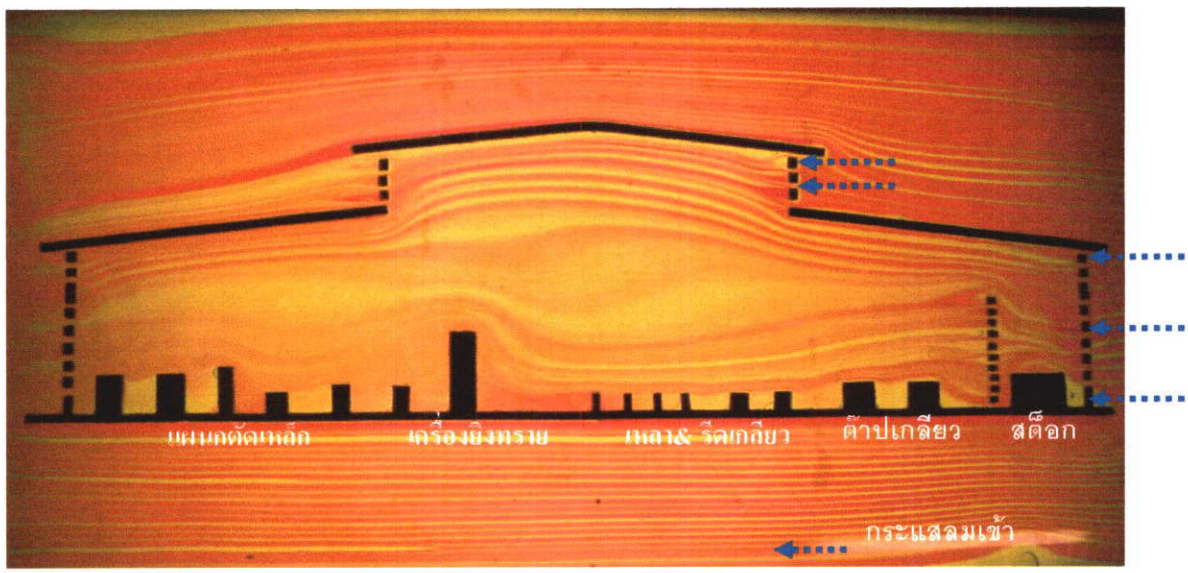
4.5.3 การทดลองโต๊ะน้ำ กับส่วนรูปตัดของโรงงานอุตสาหกรรมสกรูน๊อต



ภาพที่ 4.36 รูปตัดที่ใช้ในการทดลองโต๊ะน้ำของอาคารโรงงานอุตสาหกรรมสกรูน๊อต

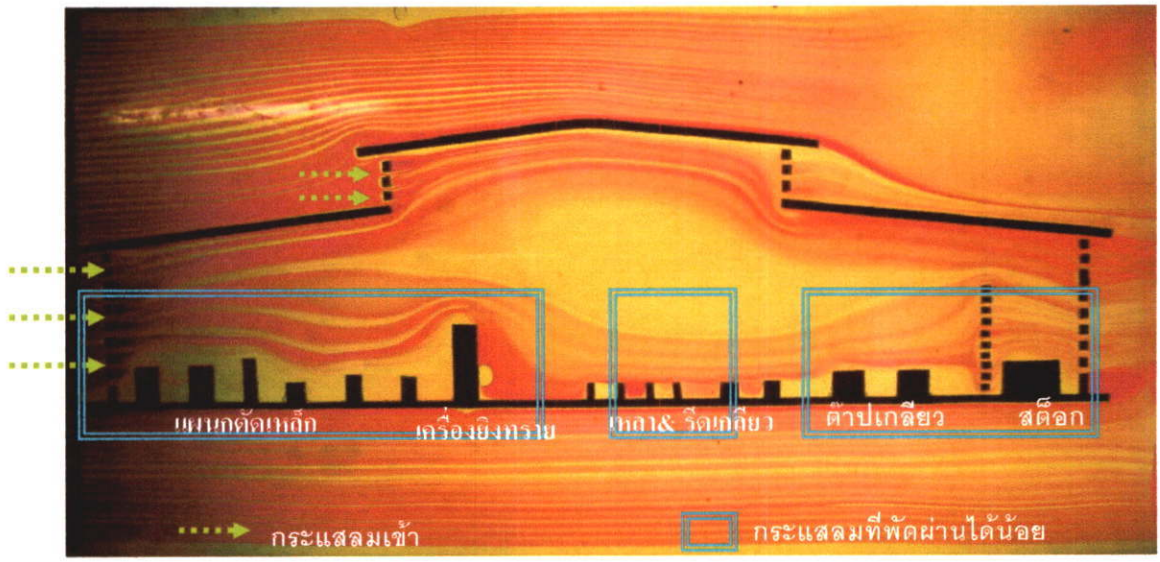
4.5.3.1 แบบจำลองที่ 1 รูปตัดที่มีการใช้บานเกล็ดหมดทั้งอาคาร

การทดลองใช้รูปตัดด้านที่ 1 และ รูปตัดด้านที่ 2 ในการทดลองซึ่งจะมีผลการทดลองดังภาพที่ 4.37 และภาพที่ 4.38 และภาพที่ 4.39 และภาพที่ 4.40 จะเป็นผลของภาพตัดที่ 2 ตามลำดับดังต่อไปนี้



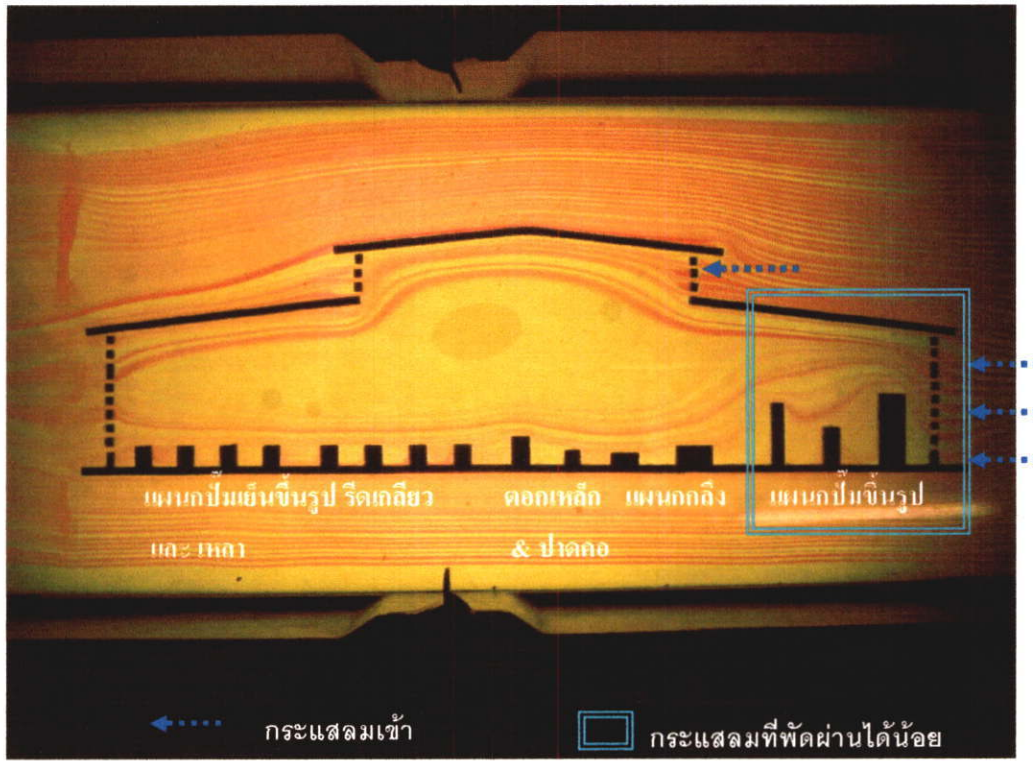
ภาพที่ 4.37 กระแสลมเข้าทางทิศใต้อาคารโรงงาน

จากภาพที่ 4.37 กระแสลมเริ่มต้นพัดจาก ห้องเก็บสต๊อกของ แผนกต๊าปเกลียว แผนกรีดเกลียว แผนกเหลา เครื่องยิงทราย และแผนกตัดเหล็ก สรุปได้ว่า กระแสลมนั้นสามารถพัดผ่านและไหลพัดผ่านพนักงานที่ทำงานอยู่ได้ ซึ่งจะสามารถทำให้เกิดสภาวะน่าสบายต่อการทำงานได้ ทั้งนี้การที่ลมจะไหลลงมาสัมผัสกับบุคคลนั้นจะขึ้นอยู่กับสิ่งกีดขวางซึ่งในนี้จะพูดถึง เครื่องจักรที่ใช้งาน



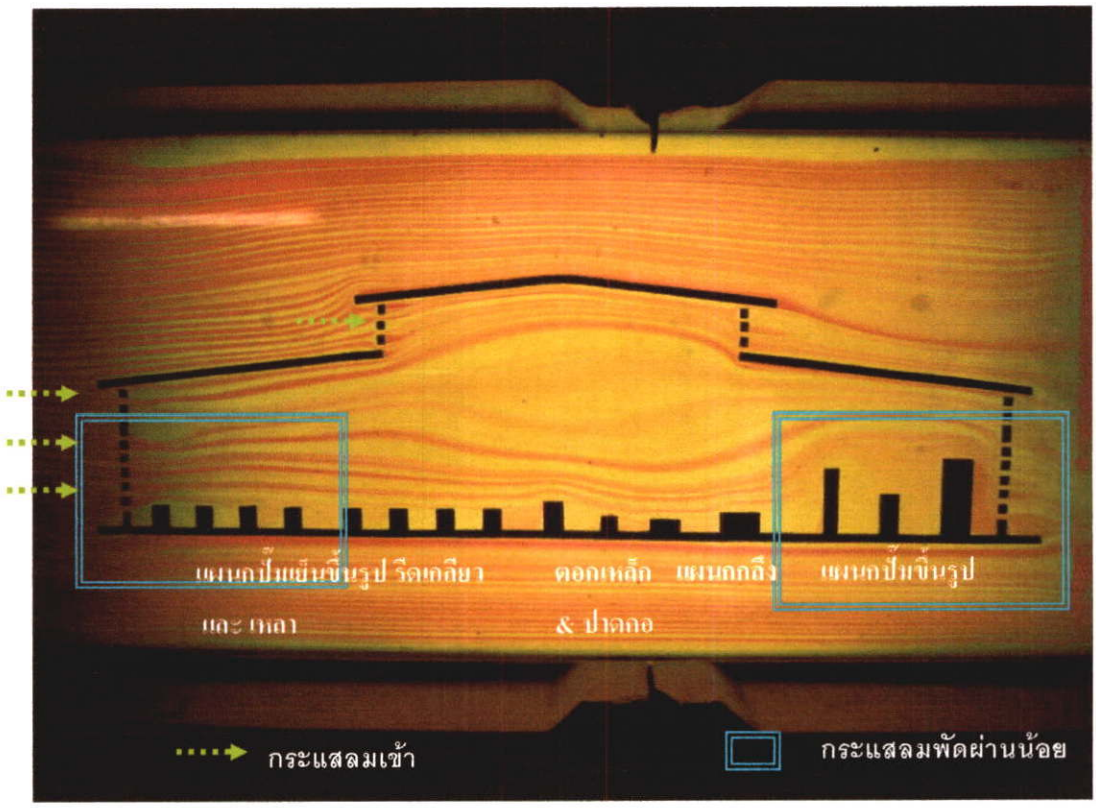
ภาพที่ 4.38 กระแสลมเข้าทางทิศเหนืออาคารโรงงาน

จากภาพที่ 4.38 กระแสลมพัดจากแผนกตัดเหล็ก เครื่องยิงทราย เหลา และรีดเกลียว และแผนกเก็บสต๊อกของ สรุปได้ว่า กระแสลมพัดผ่านสัมผัสถึงพนักงานได้เป็นช่วงๆ โดยจะเห็นได้ว่ามีการพัดผ่านมากที่สุดบริเวณช่วงกลาง และจะไม่สัมผัสกับพนักงานเลยบริเวณช่วงที่ไม่มีความเข้มของด่างทับทิมจากผลการทดลอง (ส่วนที่ไม่มีกระแสลมพัดผ่านไปถึงพนักงาน)



ภาพที่ 4.39 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันตกอาคารโรงงาน

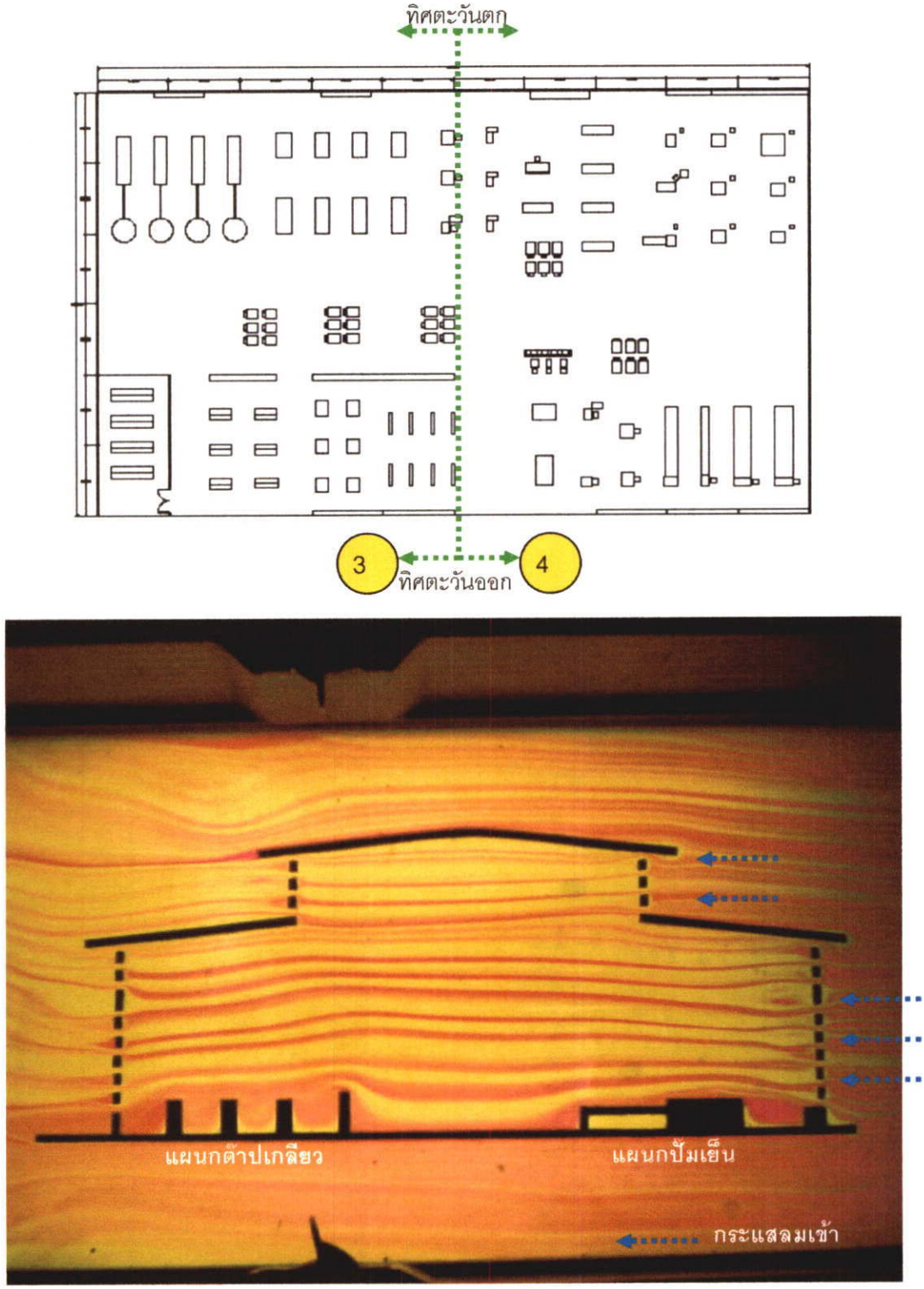
จากภาพที่ 4.39 กระแสลมเริ่มพัดจาก แผนกปั๊มขึ้นรูป แผนกกลึง แผนกตอกเหล็ก ปาดคอ และ แผนกปั๊มเย็นขึ้นรูป สรุปได้ว่ากระแสลมเริ่มต้นพัดจากแผนกปั๊มขึ้นรูป แผนกกลึง แผนกตอกเหล็ก และ ปาดคอ และ แผนกปั๊มเย็น จะเห็นได้ว่ากระแสลมที่มีลมแรงนั้นเป็นการไหลแบบกระแสอลวน Turbulent ทำให้บริเวณส่วนล่างมีเกิดกระแสลมน้อยลง ตรงบริเวณส่วนปั๊มร้อนที่มีเครื่องจักรที่สูงทำให้เกิดความหักเหของทางกระแสลม จึงทำให้บริเวณส่วนที่พนักงานยืนทำงานนั้นเกิดลมพัดผ่านที่น้อย (▭ บริเวณที่เกิดกระแสลมที่น้อย และอาจจะไม่ถึงพนักงานที่ทำงานอยู่บริเวณนั้นๆ)



ภาพที่ 4.40 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันออกอาคารโรงงาน

จากภาพที่ 4.40 กระแสลมเริ่มพัดจากแผนกปั๊มเย็น แผนกตอกเหล็ก แผนกกลึง และสุดท้าย คือ แผนกปั๊มขึ้นรูป จะเห็นได้ว่ากระแสลมที่เข้าทางด้านหลังอาคารนั้นเป็นการไหลแบบไม่สม่ำเสมอกัน คือ แบบ Separated ซึ่งจะมีบริเวณ 2 จุดที่กระแสลมไม่สามารถพัดลงได้น้อย (▭) ทำให้กระแสลมสัมผัสกับพนักงานขณะทำงานได้ แต่ความร้อนถ้าสูงขึ้นได้ในระดับที่กระแสลมพัดถึงก็จะสามารถนำความร้อนออกไปได้

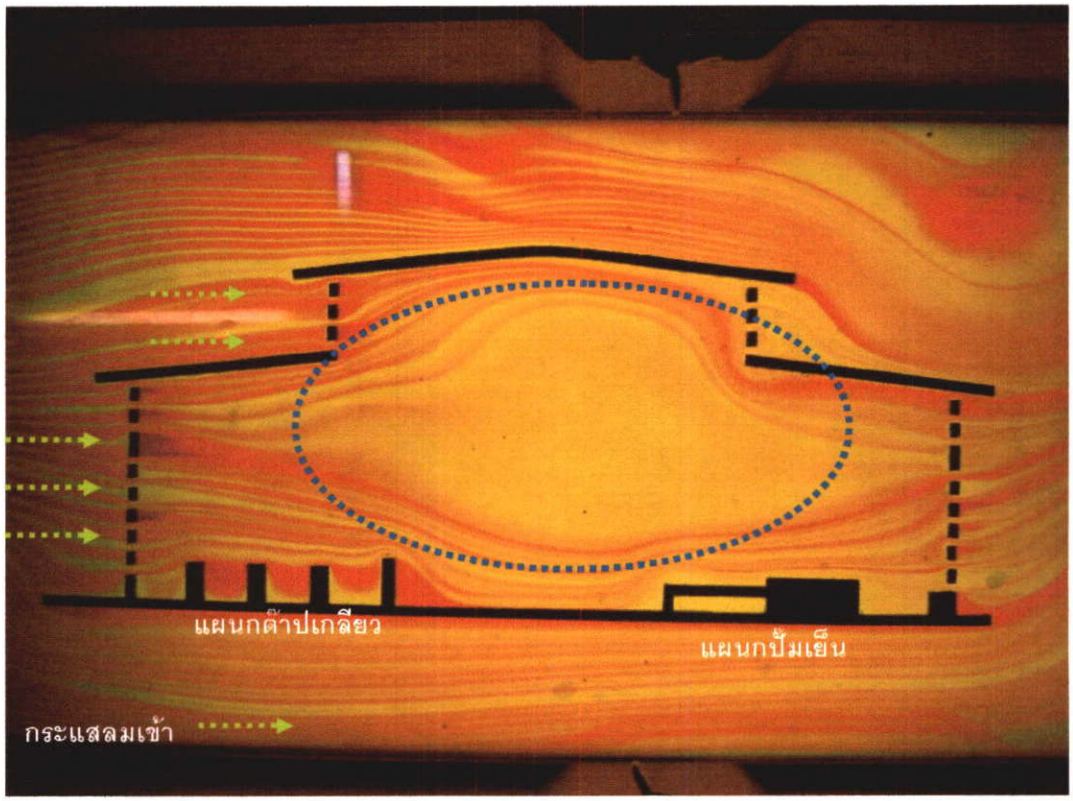
การทดลองใช้รูปตัดด้านที่ 3 และ รูปตัดด้านที่ 4 ในการทดลองซึ่งจะมีผลการทดลองดังภาพที่ 4.41 และภาพที่ 4.42 จะเป็นผลที่ได้จากภาพตัดที่ 4 และส่วนภาพตัดที่ 3 มีผลการทดลองดังภาพที่ 4.43 และภาพที่ 4.44 ตามลำดับดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.41 กระแสลมเข้าทิศตะวันตกอาคารโรงงาน

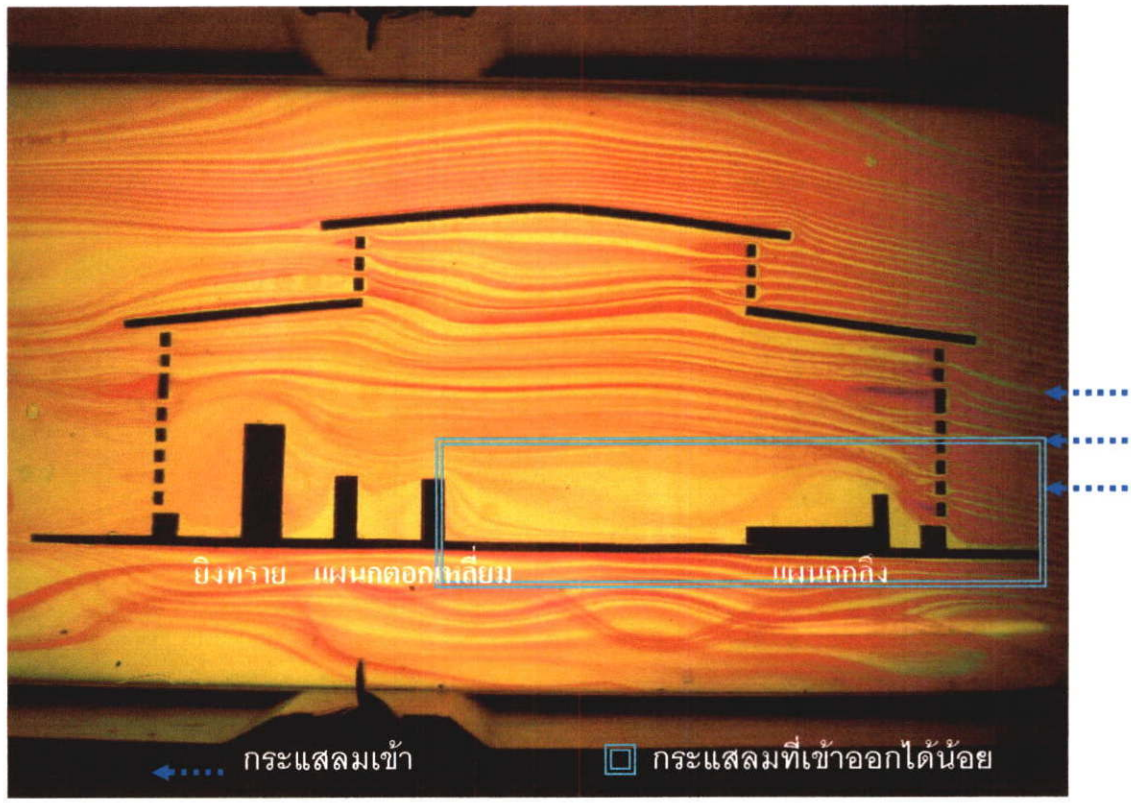
จากภาพที่ 4.41 กระแสลมพัดจากแผนกปั๊มเย็น จนถึง แผนกต๊าปเกลียว ซึ่งจะเห็นได้ว่า กระแสลมที่เข้าทางด้านขวางของโรงงานนั้นสามารถทำให้กระแสลมเข้า และ ออกได้ผ่านได้ดี โดย

มีการไหลกระแสลมแบบกระแสสม่ำเสมอ (Laminar) ซึ่งกระแสลมสามารถพัดผ่านลงได้ต่ำ ซึ่งสามารถสัมผัสกับพนักงานได้ทำให้เกิดสภาวะน่าสบายของพนักงานได้



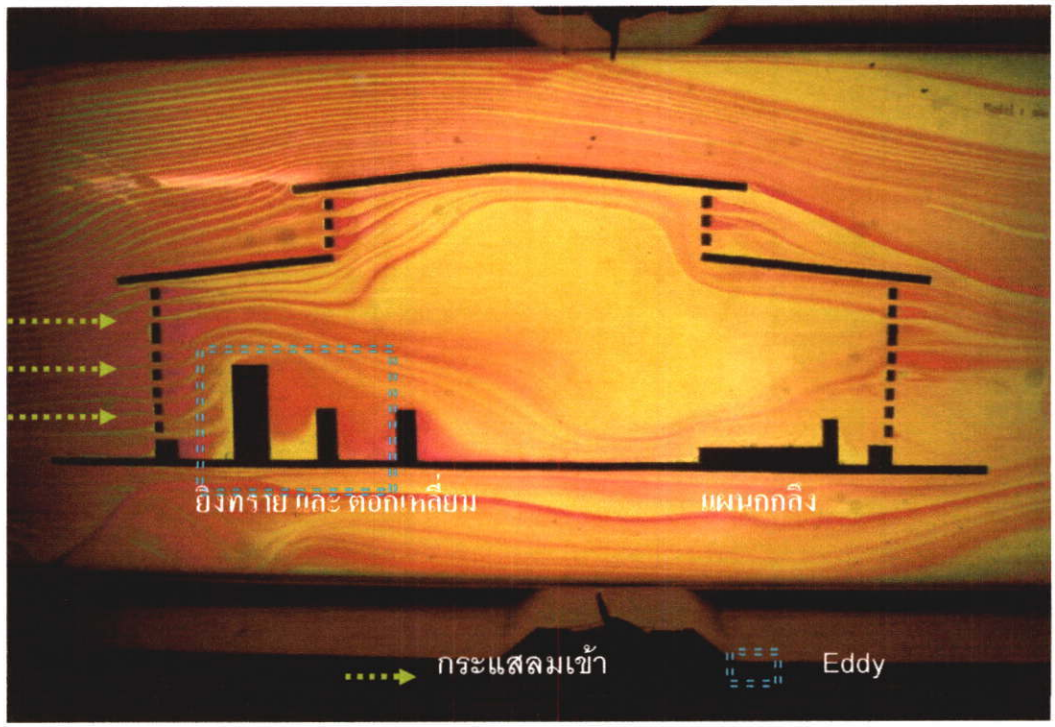
ภาพที่ 4.42 กระแสลมเข้าด้านทิศตะวันออกอาคารโรงงาน

จากภาพที่ 4.42 เห็นได้ว่ากระแสลมที่เข้ามานั้นเป็นกระแสลมที่ไม่สม่ำเสมอ (Separated) ซึ่งกระแสลมนั้นสามารถพัดลงได้ต่ำ และ สามารถพัดเอาความร้อนจากพนักงานออกได้ แต่กระแสลมไม่สามารถพัดผ่านได้โดยเฉพาะตรงกลางของโรงงาน ( ) ซึ่งจะไม่มีกระแสลมเข้า และออกได้ ทำให้ความร้อนที่เกิดจากการการทำงานนั้นไม่สามารถลอยไปด้านบนได้ เพราะ ไม่มีกระแสลมที่พัดผ่าน ซึ่งการไหลลักษณะแบบนี้ทำให้ช่วงกลางของโรงงานเกิดการสะสมความร้อนและไม่สามารถระบายได้อย่างเต็มที่



ภาพที่ 4.43 กระแสลมเข้าด้านทิศตะวันตกอาคารโรงงาน

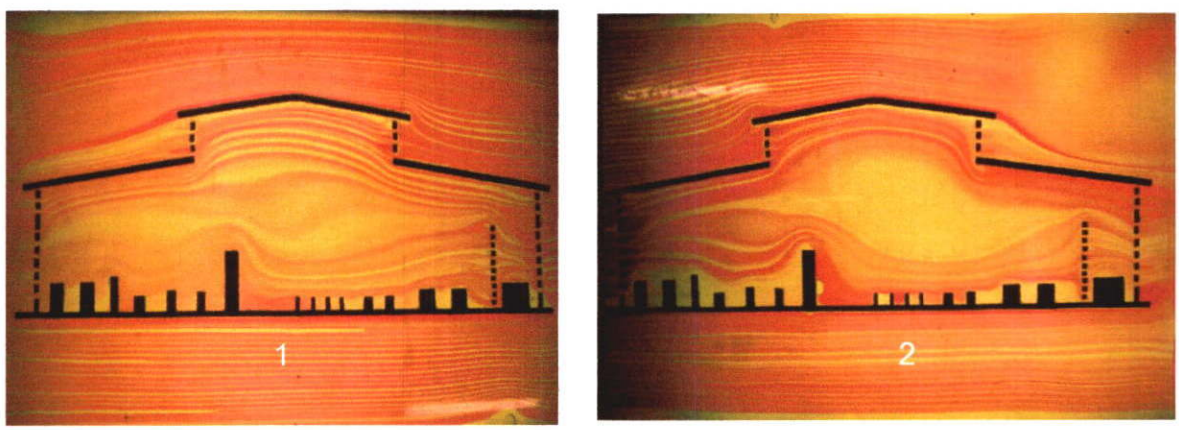
จากภาพที่ 4.43 เห็นได้ว่ากระแสลมที่เข้ามีลักษณะแบบ กระแสสม่ำเสมอ (Laminar) โดยเฉพาะส่วนบริเวณด้านบนของอาคาร และ แบบ กระแสลมไม่สม่ำเสมอ (Separated) โดยเฉพาะส่วนด้านล่าง (▭) ซึ่งกระแสลมนั้นไม่สามารถพัดผ่านลงสัมผัสถึงพนักงานได้ดี ดังนั้นลมสามารถพัดได้ดีโดยเฉพาะส่วนบริเวณด้านบนเท่านั้น ซึ่งความร้อนที่สะสมอยู่บริเวณด้านล่างนั้นยังมีอยู่



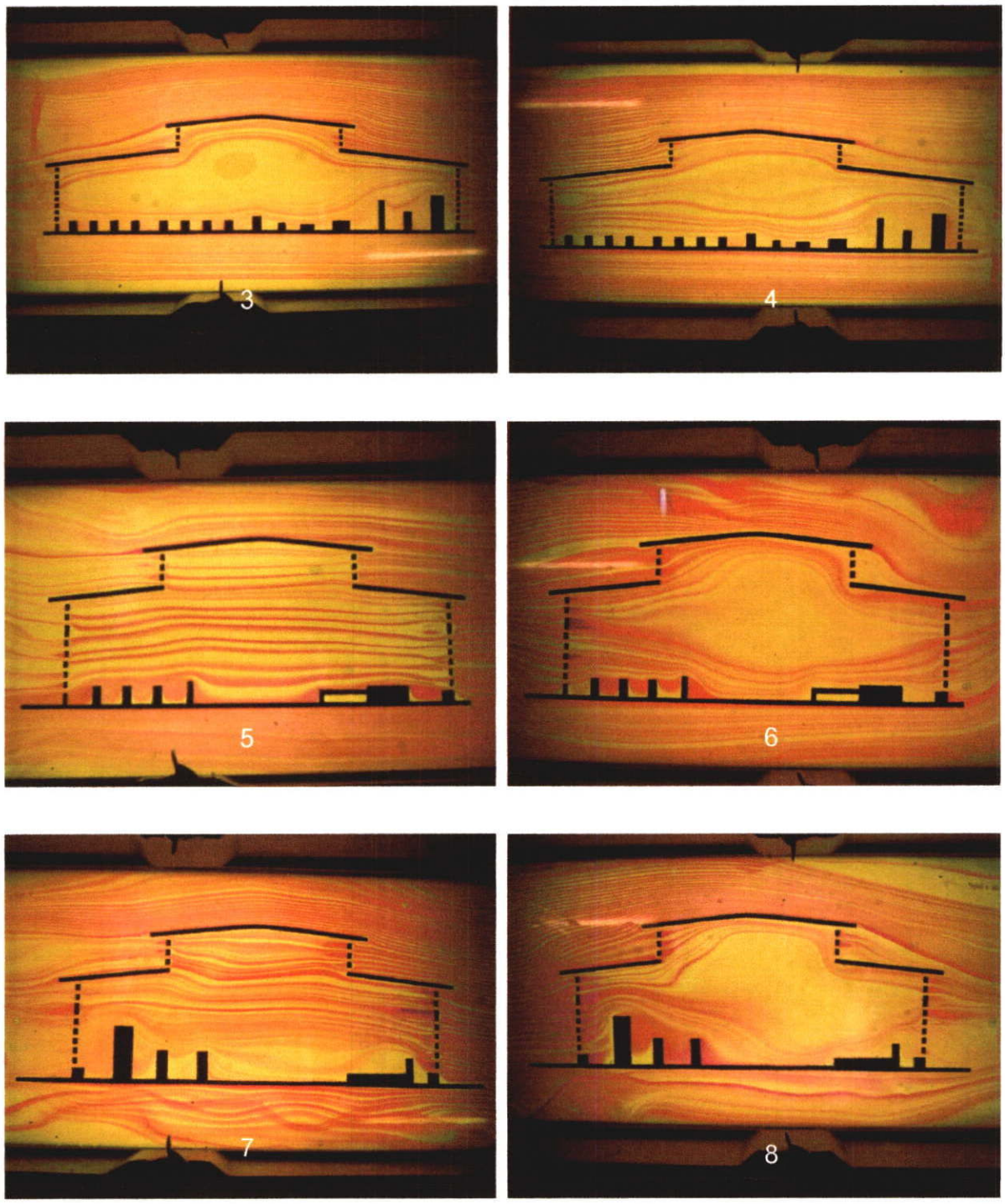
ภาพที่ 4.44 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันออกอาคารโรงงาน

จากภาพที่ 4.44 จะเห็นได้ว่ากระแสลมที่อยู่บริเวณปั๊มร้อน เป็นกระแสลมแบบอลวน (Eddy) ซึ่งบริเวณนี้เกิดกระแสลมมาก ลักษณะแบบนี้ไม่สามารถพัดเอาความร้อนออกได้ ทำให้เกิดความร้อนสะสมบริเวณแผนกปั๊มร้อน และส่งผลให้เกิดความร้อนบริเวณต่างๆ ได้อีก

ดังนั้นจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า



ภาพที่ 4.45 ภาพรวมทั้งหมดของการไหลของกระแสลมแบบจำลองที่ 1 (ต่อ)



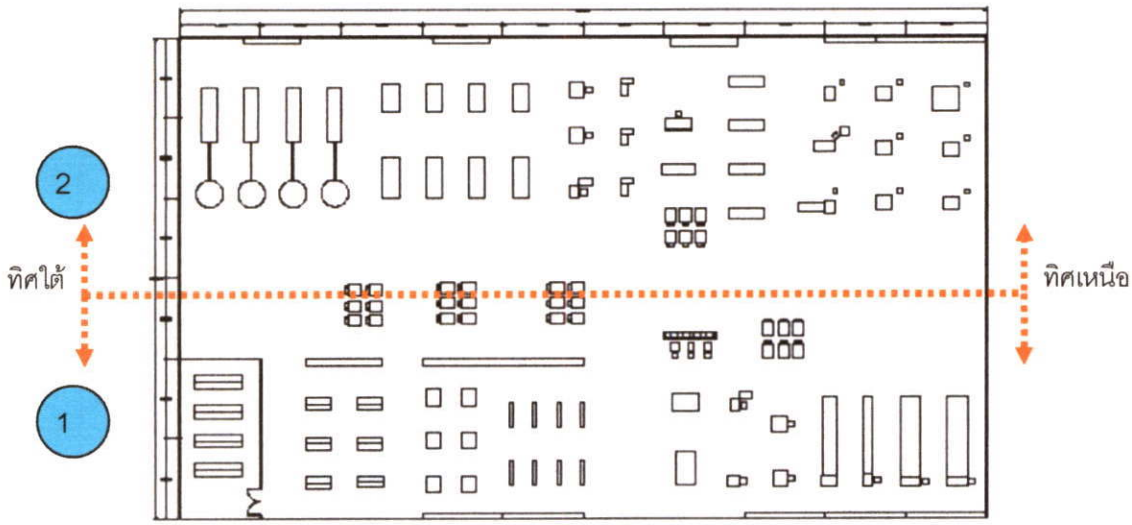
ภาพที่ 4.45 ภาพรวมทั้งหมดของการไหลของกระแสลมแบบจำลองที่ 1

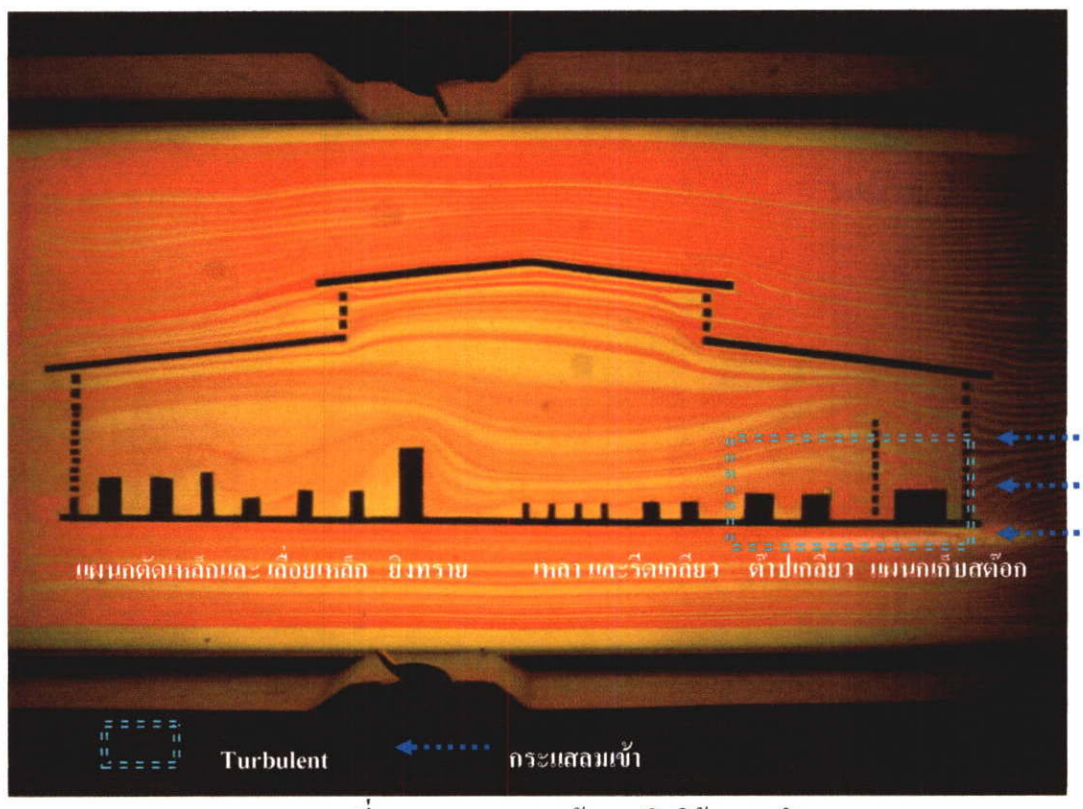
จากการทดลองโดยการใช้กระเบื้องเกล็ด มาใช้สร้างทั้งหุ่นจำลองทังอาคารนั้นสามารถสรุปตามภาพที่ 4.45 จะได้ว่า กระแสลมไม่สามารถพัดผ่านออกได้ดี โดยเฉพาะรูปที่ 2, 3, 6 และ 8 กระแสลมไม่สามารถพัดได้โดยเฉพาะบริเวณช่วงกลางของอาคารทำให้เกิดความร้อนสะสมได้มากที่สุดกว่ารูปแบบอื่นๆ ส่วนรูปแบบที่ 5 จะเป็นรูปแบบที่กระแสลมพัดอย่างสม่ำเสมอซึ่งกระแสลม

สามารถพัดลงต่ำได้ถึงบริเวณที่พนักงานยืนทำงานอยู่ ดังนั้นผู้วิจัยคิดว่ารูปแบบที่ 5 เป็นรูปแบบที่ดีที่สุด เนื่องมาจากกระแสลมที่พัดอย่างสม่ำเสมอ

4.5.3.2 แบบจำลองที่ 2 รูปตัดที่มีการใช้ บล็อกช่องลม ทั้งอาคาร

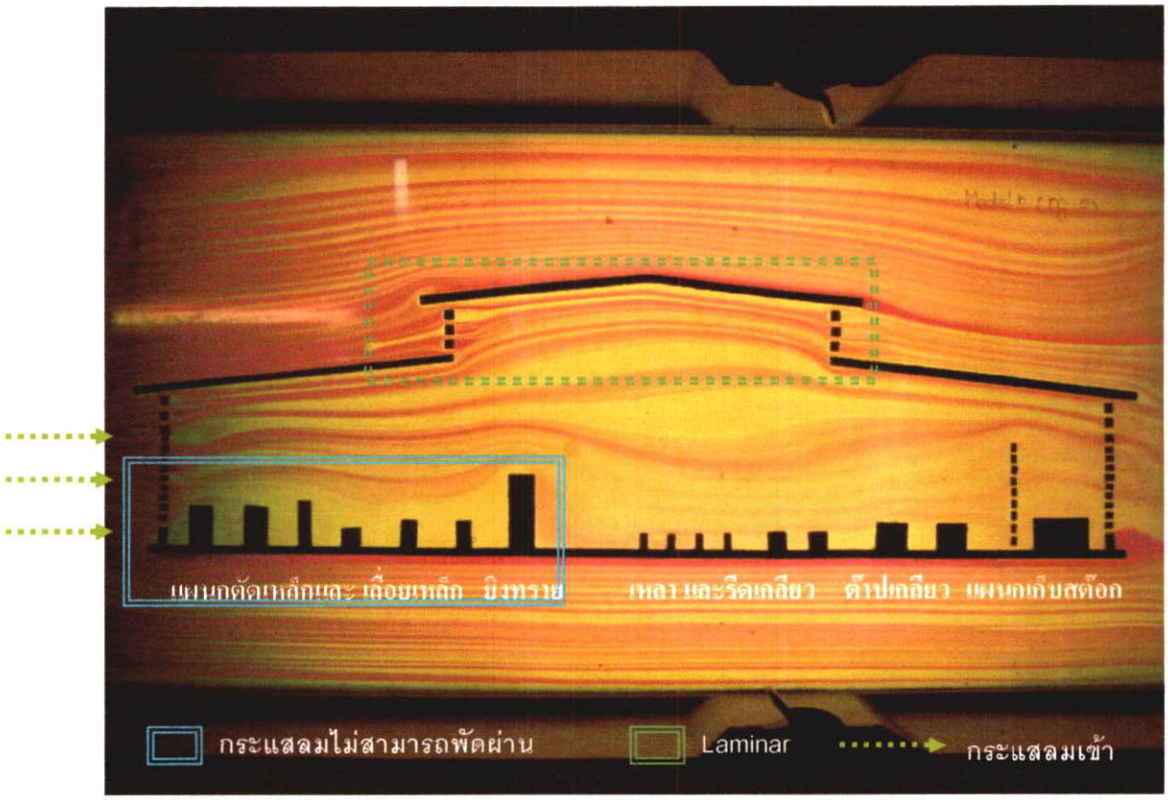
การทดลองใช้รูปตัดด้านที่ 1 และ 2 ในการทดลองซึ่งจะมีผลการทดลองดังภาพที่ 4.46 และภาพที่ 4.47 ซึ่งเป็นผลของรูปตัดที่ 1 และภาพที่ 4.48 และภาพที่ 4.49 จะเป็นผลของภาพตัดที่ 2 ตามลำดับดังต่อไปนี้





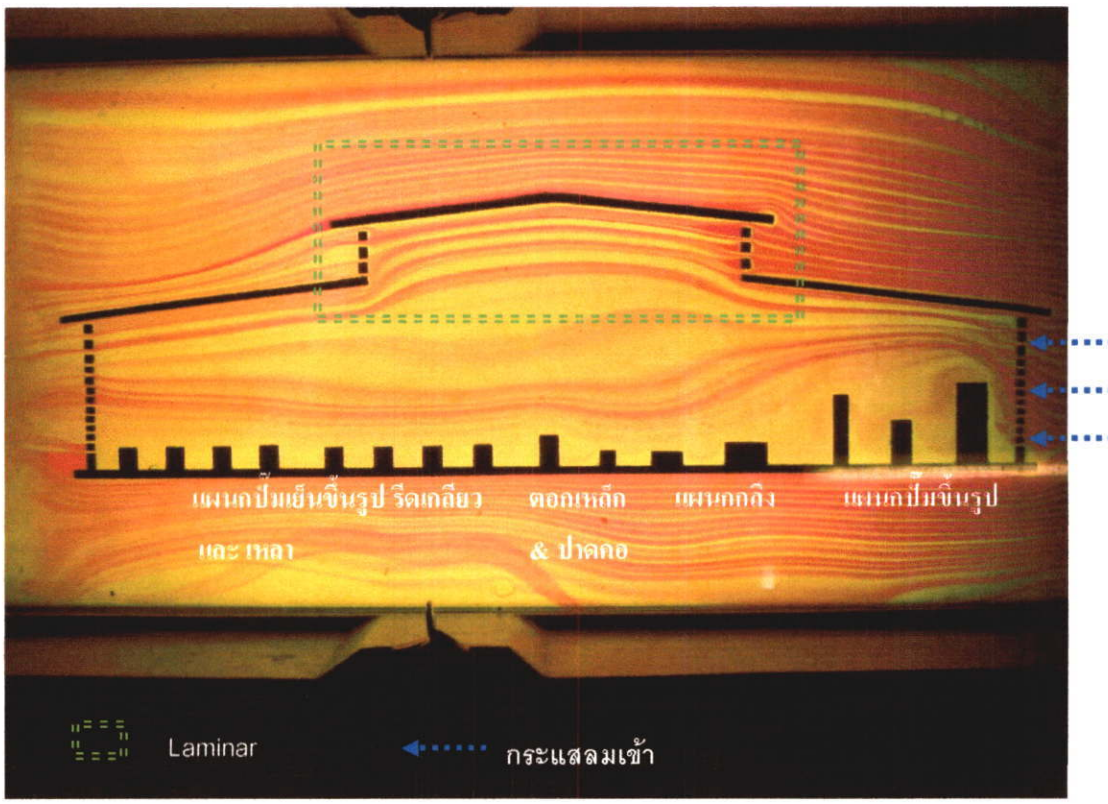
ภาพที่ 4.46 กระแสลมเข้าทางทิศใต้อาคารโรงงาน

จากภาพที่ 4.46 กระแสลมพัดจากแผนกเก็บสต๊อก แผนกต๊าปเกลียว แผนกเหลา รีดเกลียว และแผนกตัดเหล็ก เลื่อยเหล็ก จะเห็นได้ว่ากระแสลมทางด้านที่กระแสลมเข้านั้นมีลักษณะแบบ turbulent ซึ่งเป็นกระแสลมแบบอลวน แต่กระแสลมสามารถพัดผ่านได้ ซึ่งจะมีกระแสลมที่แผ่วลงบริเวณส่วนของตัดเหล็ก แต่บริเวณส่วนกระแสลมนั้นสามารถเข้า และออกผ่านได้ดี บริเวณส่วนที่ตัดเหล็กกระแสลมไม่สามารถพัดผ่านพนักงานขณะทำงานได้ เนื่องจากเครื่องจักรที่มีลักษณะสูงทำให้เกิดกระแสลมที่เปลี่ยนได้



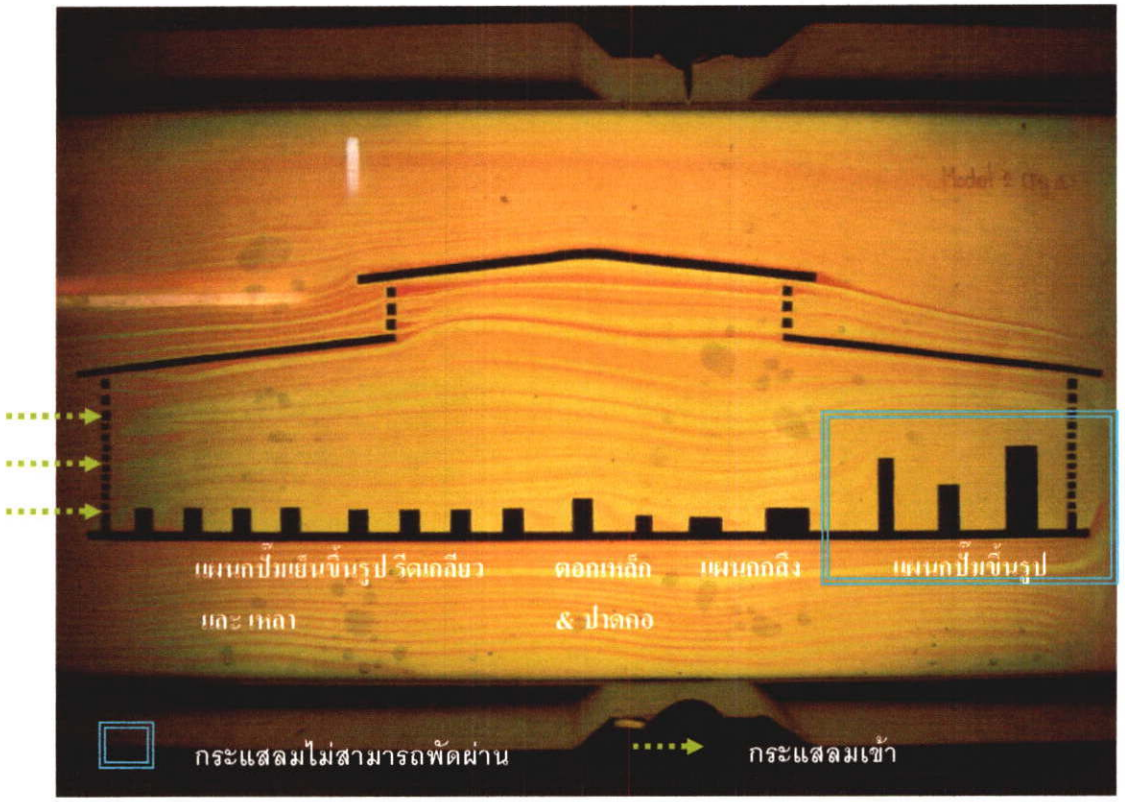
ภาพที่ 4.47 กระแสลมเข้าทางทิศเหนืออาคารโรงงาน

จากภาพที่ 4.47จะเห็นได้ว่ากระแสลมเป็นการไหลแบบตรงไม่สม่ำเสมอ (Separated) ซึ่งกระแสลมที่พัดนั้นจะพัดบริเวณด้านบนของอาคารเท่านั้น ซึ่งบริเวณด้านล่างจะไม่มีกระแสลมพัดผ่านลงมาจะเห็นได้จาก ( ) เนื่องจากเครื่องจักรที่มีลักษณะสูงทำให้ทิศทางการไหลของกระแสลมเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ ส่วนบริเวณแผนกอื่นๆของโรงงานจากการทดลองจะเห็นได้ว่ายังมีกระแสลมพัดผ่านอย่างแผ่วเบา และสัมผัสกับพนักงานบริเวณนั้นได้ ส่วนบริเวณด้านมีกระแสลมเข้า และ ออกได้ดี และมีกระแสลมแบบ Laminar ( )



ภาพที่ 4.48 กระแสลมเข้าทางทิศเหนืออาคารโรงงาน

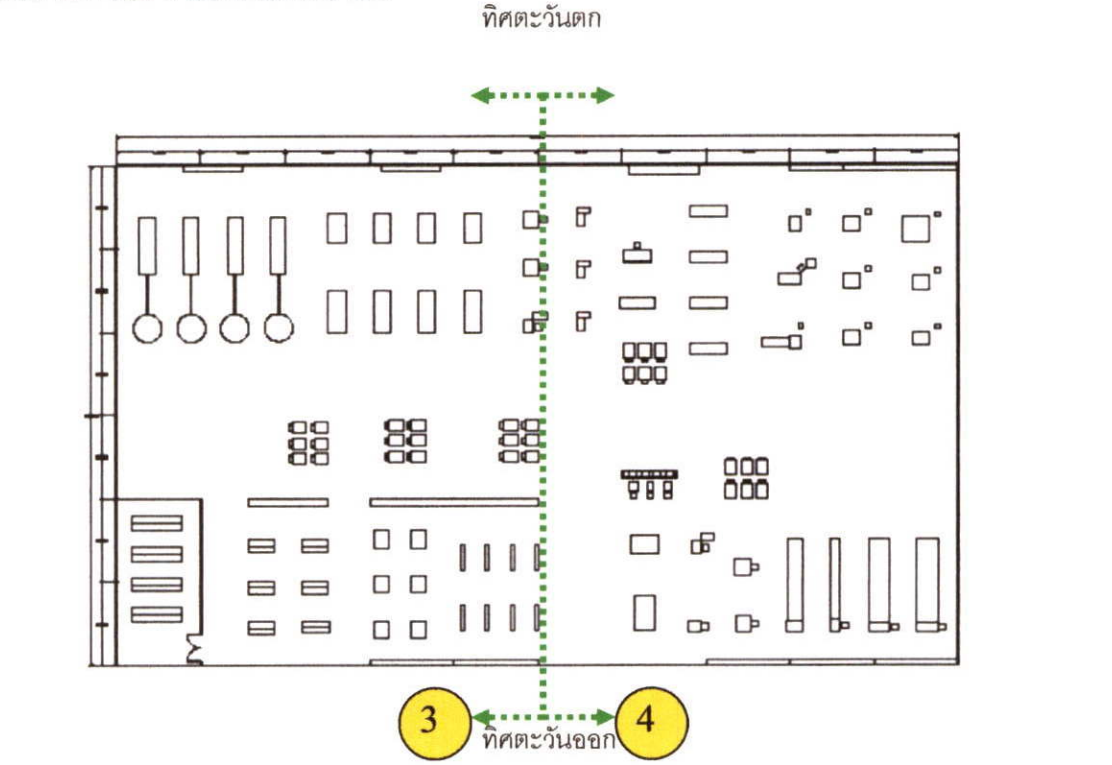
จากภาพที่ 4.48 จะเห็นได้ว่ากระแสลมไหลเฉพาะส่วนบริเวณช่วงกลางของอาคาร โดยเฉพาะส่วนบริเวณด้านที่ลมเริ่มเข้าจะเป็นการอัดของลมอย่างมาก แต่เนื่องจากเครื่องจักรที่สูง ทำให้กระแสลมเปลี่ยนทิศทางและพัดขึ้นไปยังด้านบนของอาคาร ทำให้กระแสลมไม่สามารถพัดผ่านให้ความเย็นแก่พนักงานทางด้านล่างได้ ส่วนบริเวณด้านบนจะมีกระแสลมที่ไหลแบบสม่ำเสมอ (Laminar)



ภาพที่ 4.49 กระแสลมเข้าทางทิศใต้อาคารโรงงาน

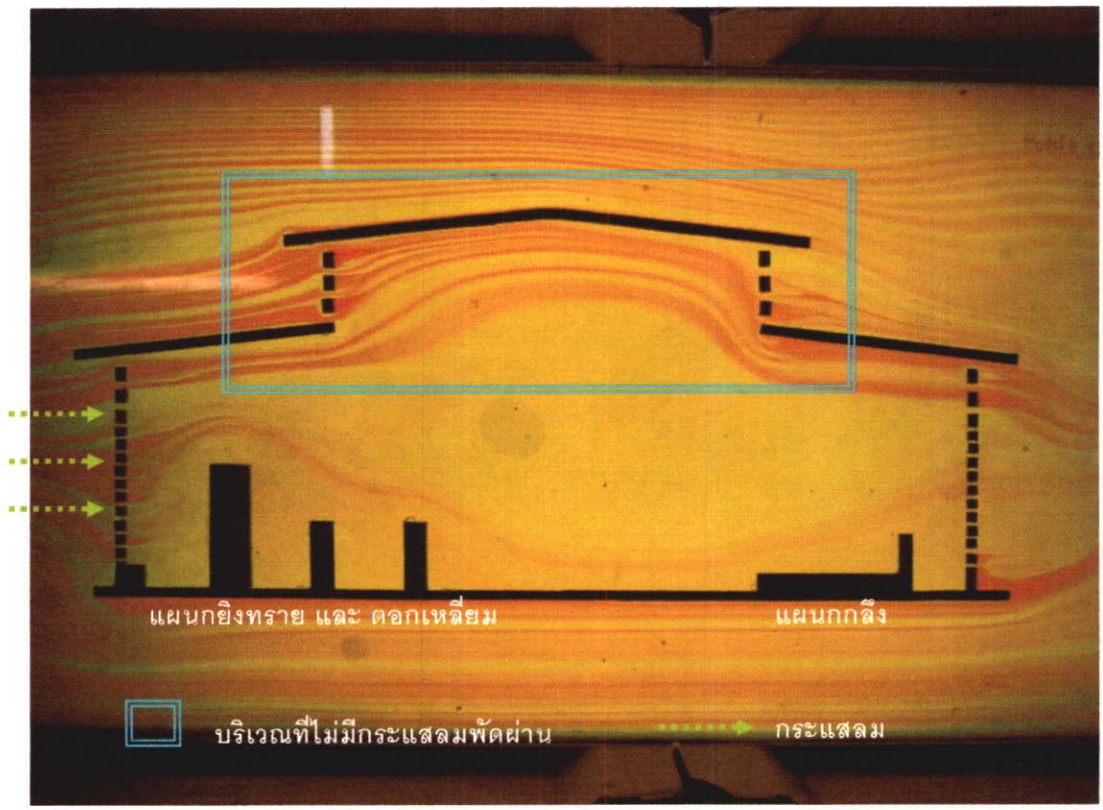
จากภาพที่ 4.49 จะเห็นได้ว่ากระแสลมพัดผ่านแบบตรงๆไม่สม่ำเสมอ (Separated) ซึ่งบริเวณด้านที่รับลมจะพัดกระแสลมเข้าได้ทั้งระดับที่สูง และ ระดับที่ต่ำ แต่การพัดเป็นแบบค่อยๆ ส่วนบริเวณที่กระแสลมไม่สามารถลงได้ถึงระดับต่ำเนื่องจากการกีดขวางของเครื่องจักรที่ทำให้กระแสลมนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดกระแสลมพัดเฉพาะส่วนระดับที่สูงเท่านั้น (บริเวณ ▢ คือส่วนที่กระแสลมไม่พัดลงในระดับต่ำ)

การทดลองใช้รูปตัดด้านที่ 3 และ 4 ในการทดลองซึ่งจะมีผลการทดลองดังภาพที่ 4.50 และภาพ 4.51 จะเป็นผลที่ได้จากรูปด้านที่ 3 และส่วนรูปด้านที่ 4 มีผลการทดลองดังภาพที่ 4.52 และภาพที่ 4.53 ตามลำดับดังต่อไปนี้



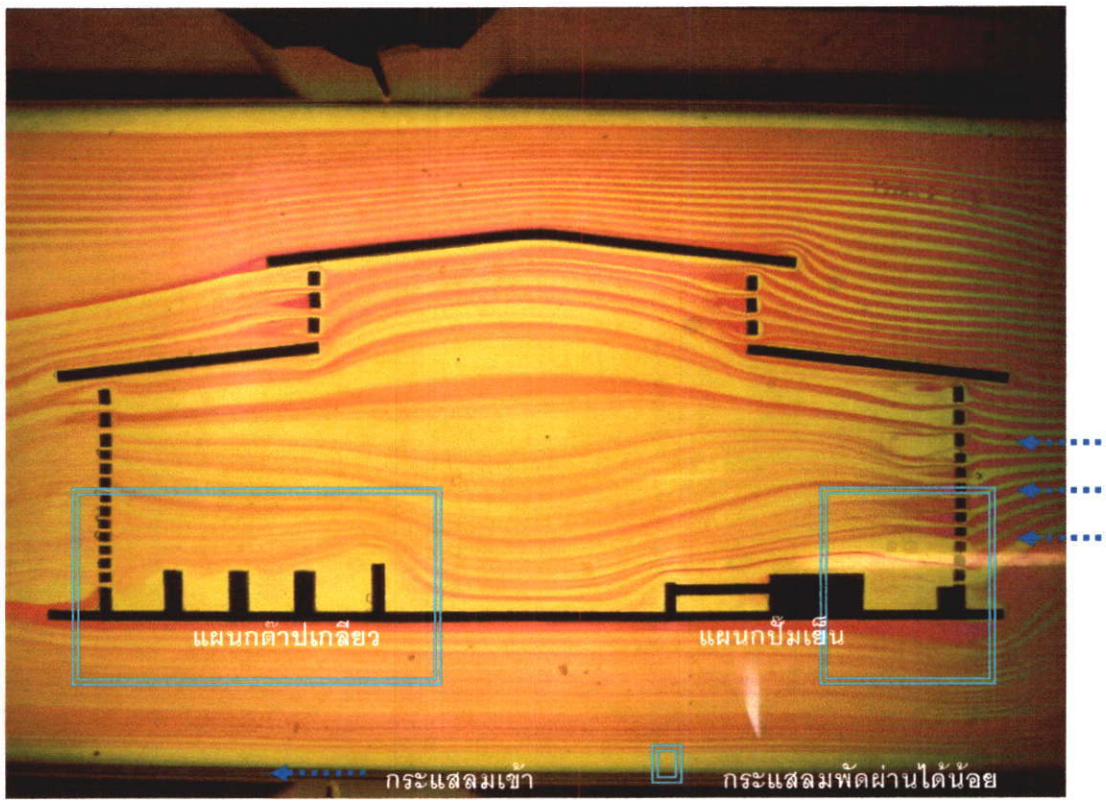
ภาพที่ 4.50 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันตกอาคารโรงงาน

จากรูปที่ 4.50 กระแสลมเข้าพัดจากแผนกยิงทราย ตอกเหลี่ยม และผ่านเข้าถึงแผนกกลึง จะเห็นได้ว่า กระแสลมที่พัดไม่สามารถพัดได้ครอบคุมทั้งหมดเนื่องจากเครื่องจักรที่มีลักษณะสูงทำให้กระแสลมพัดผ่านได้ดีเฉพาะช่วงบริเวณกลาง และ บริเวณส่วนบนของอาคาร แต่ทางด้านแผนกปั๊มร้อน และ แผนกตัดเหล็กลมไม่สามารถพัดผ่านได้เลยบริเวณส่วนระดับล่างของอาคาร (□)



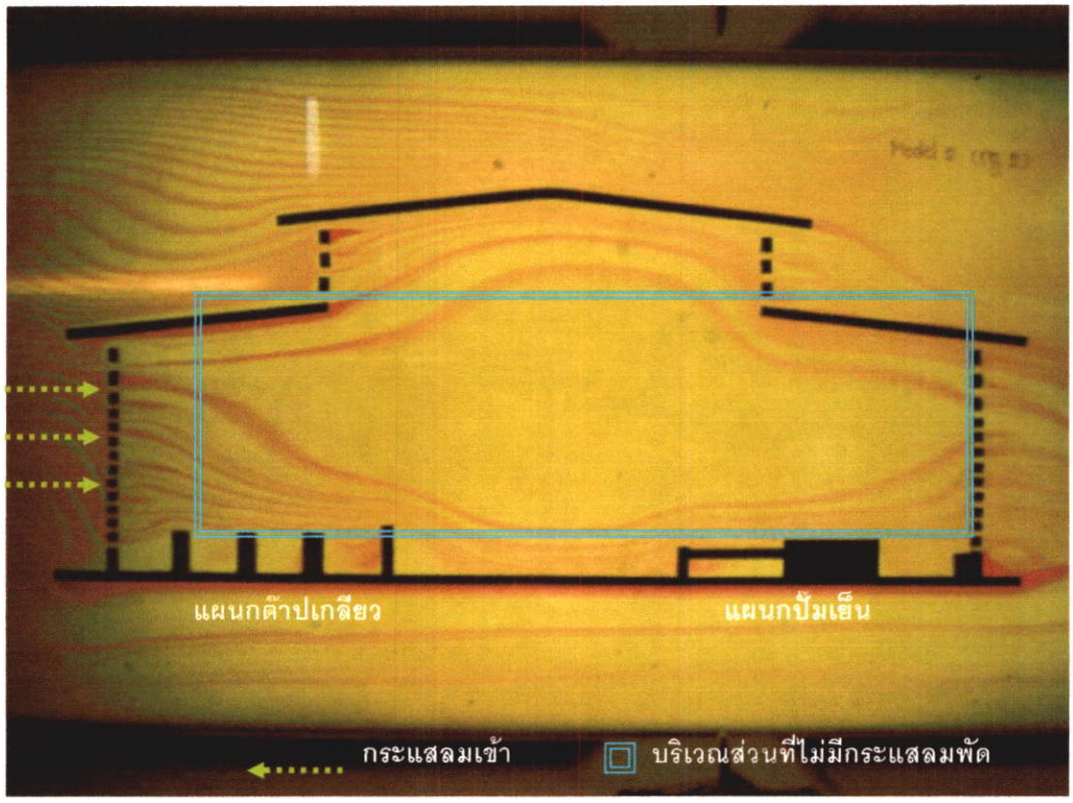
ภาพที่ 4.51 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันออกอาคารโรงงาน

จากภาพที่ 4.51 กระแสลมเริ่มพัดเข้ามาทางด้านแผนกยิงทราย และตอกเหลี่ยม และเข้าสู่แผนกกลึง จะเห็นได้ว่า กระแสลมไม่สามารถไหลผ่านบริเวณตรงกลางอาคาร (□) ซึ่งจะทำให้ความร้อนภายในอาคารไม่สามารถระบายออกขึ้นสู่ด้านบนของอาคารได้ ลักษณะของกระแสลมแบบนี้ทำให้ภายในอาคารมีความร้อนมาก เนื่องจากลมไม่พัดผ่าน และ เครื่องจักรที่กีดขวางทางเดินของลม



ภาพที่ 4.52 กระแสลมเข้าด้านทิศตะวันตกอาคารโรงงาน

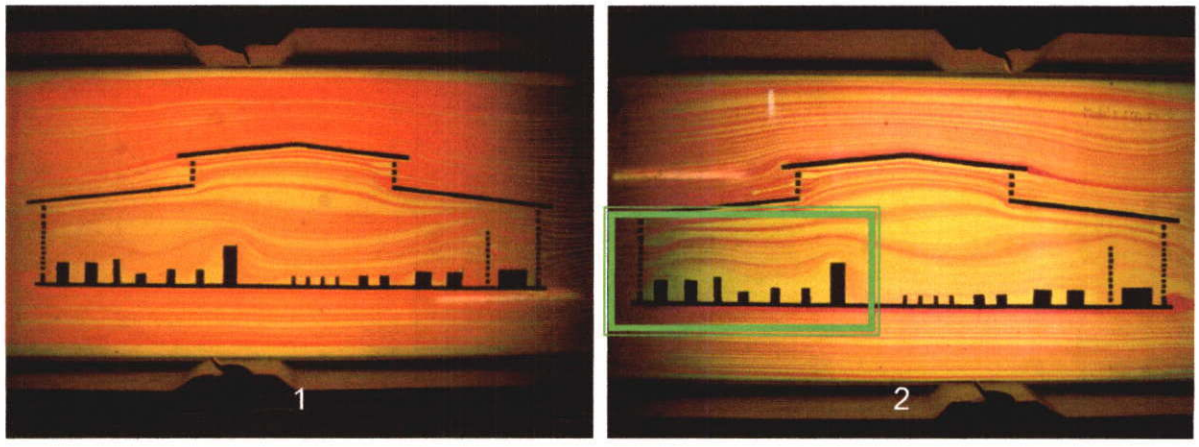
จากภาพที่ 4.52 กระแสลมพัดจากแผนกปั๊มเย็น เข้าสู่แผนกต๊าปเกลียว จะเห็นได้ว่ากระแสลมเป็นแบบกระแสลมสม่ำเสมอ (Laminar) ซึ่งมีการไหลได้ดีทั้งเข้า และ ออก แต่กระแสลมนี้ไม่สามารถพัดผ่านบริเวณส่วนที่พนักงานทำงานได้ ( ) ทำให้เกิดความร้อนภายระดับล่างได้ แต่ความร้อนสามารถระเหยขึ้นสู่ด้านบน ซึ่งด้านบนมีกระแสลมที่พัดผ่าน อาจจะทำให้เกิดความสบายได้เนื่องจากการระเหยของเหงื่อระเหยขึ้นบนอากาศ



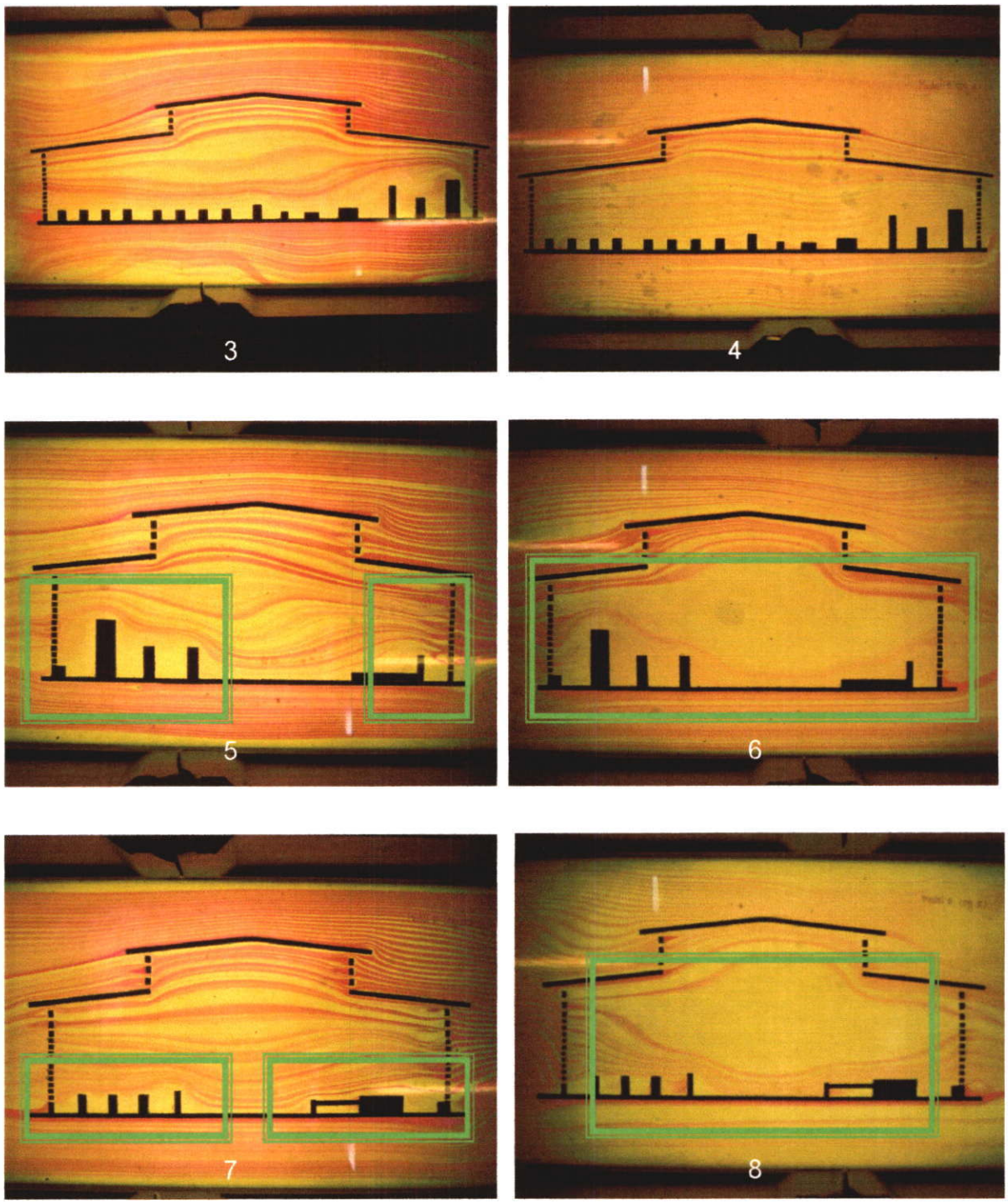
ภาพที่ 4.53 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันออกอาคารโรงงาน

จากภาพที่ 4.53 กระแสลมพัดเข้าจากแผนกปั๊มเย็น เข้าสู่แผนกต้าปเกลียว ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากระแสลมไม่สามารถพัดผ่านได้บริเวณกลางอาคาร (▢) ซึ่งทำให้ความร้อนไม่สามารถระบายขึ้นสู่อากาศ และ มีการแลกเปลี่ยนความเย็นอากาศลงมาแทนได้ ทำให้เกิดความร้อนสะสมภายในโรงงานอุตสาหกรรมมาก และ ทำให้พนักงานเกิดความรู้สึกล้าจากงาน เนื่องจากเหงื่อที่ออกมาไม่สามารถระเหยขึ้น และ กระแสลมเย็นไม่สามารถพัดผ่านผิวกายของพนักงานได้

ดังนั้นจากการทดลองของแบบจำลองที่ 2 กับการใช้อิฐบล็อกแบบลิ้นคู่ของผนังโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์สามารถสรุปได้ว่า



ภาพที่ 4.54 ภาพรวมทั้งหมดของการไหลกระแสลมของแบบจำลองที่ 2 (ต่อ)



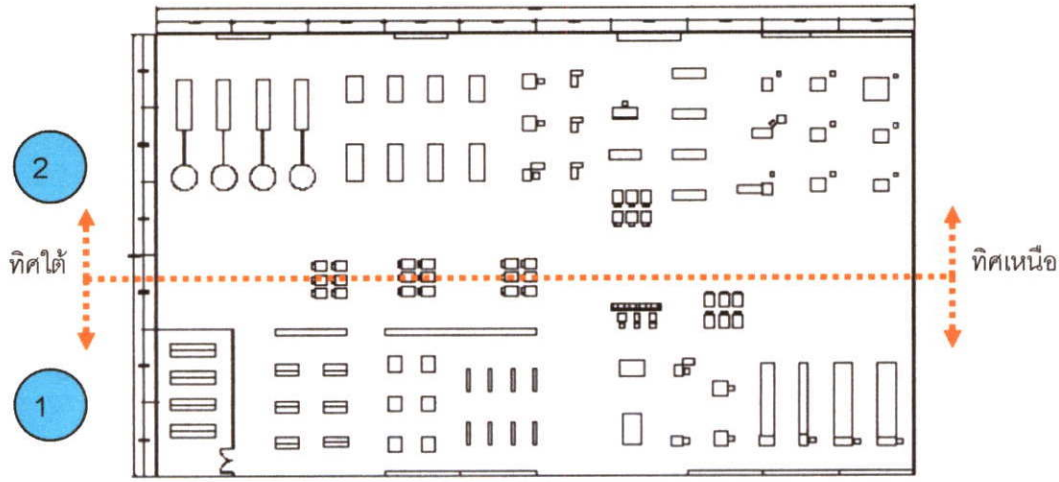
ภาพที่ 4.54 ภาพรวมทั้งหมดของการไหลของกระแสลมแบบจำลองที่ 2

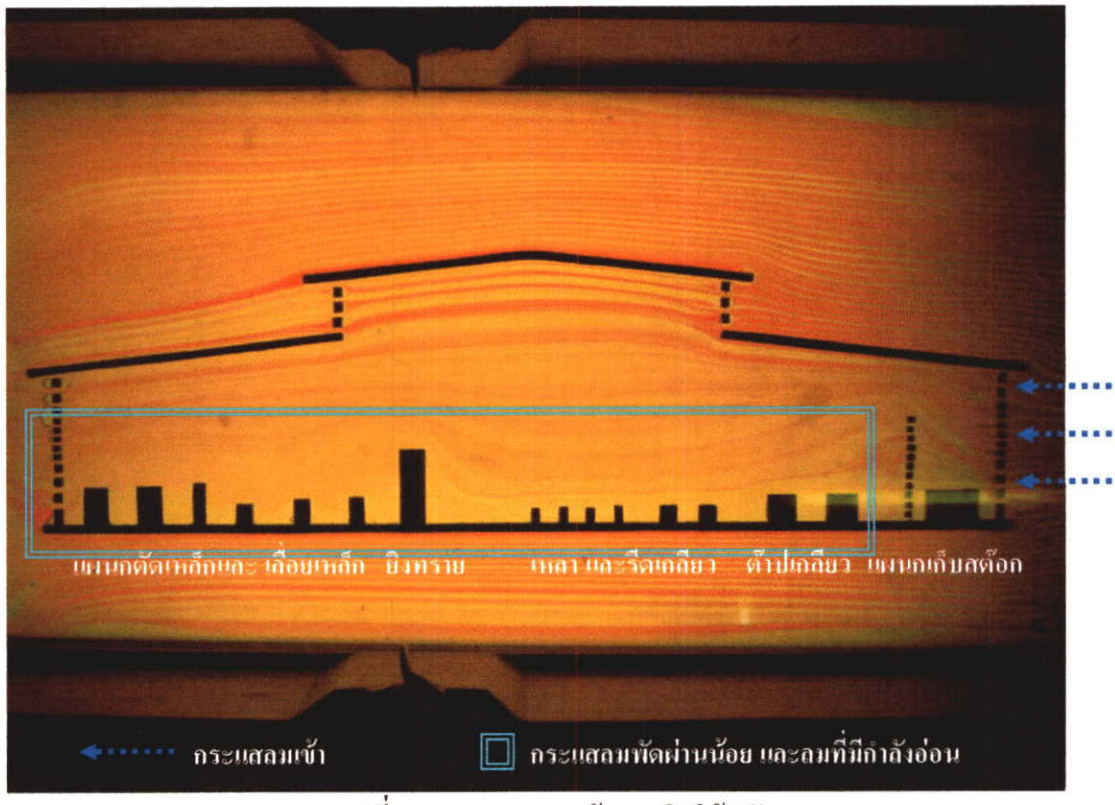
จากภาพรวมทั้งหมดของภาพที่ 4.54 สามารถสรุปได้ว่า การใช้อิฐบล็อกทั้งหมดในการสร้างอาคารโรงงานอุตสาหกรรมนั้นไม่สามารถทำให้กระแสลมนั้นไหลเวียนได้ดี คือพัดผ่านเข้าได้น้อย จากผลการทดลองทั้ง 8 รูปนั้นจะเห็นว่ากระแสลมนั้นไม่สามารถเข้าถึงภายในอาคารได้ โดยเฉพาะรูปที่ 2, 5, 6, 7 และรูปที่ 8 กระแสลมไม่สามารถผ่านตรงกลางอาคาร และ พัดผ่านบริเวณ

ส่วนที่พนักงานยืนทำงาน (บริเวณส่วนล่าง) ได้ทำให้การระบายอากาศนั้นไม่สะดวกเท่าที่ควร สามารถทำให้เกิดความร้อนสะสมภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ได้ นอกจากนี้วัดใดที่มีอากาศร้อนมากจะทำให้ความร้อนไม่สามารถระบายออกได้ทันท่วงทีทำให้เกิดความร้อนสะสมภายในมาก (▭ ส่วนที่ไม่มีกระแสลมพัดผ่าน)

4.5.3.3 รูปแบบจำลองที่ 3 ที่มีการใช้อิฐบล็อก ผสมกับการใช้ เกล็ดกระเบื้อง ทั้งอาคาร

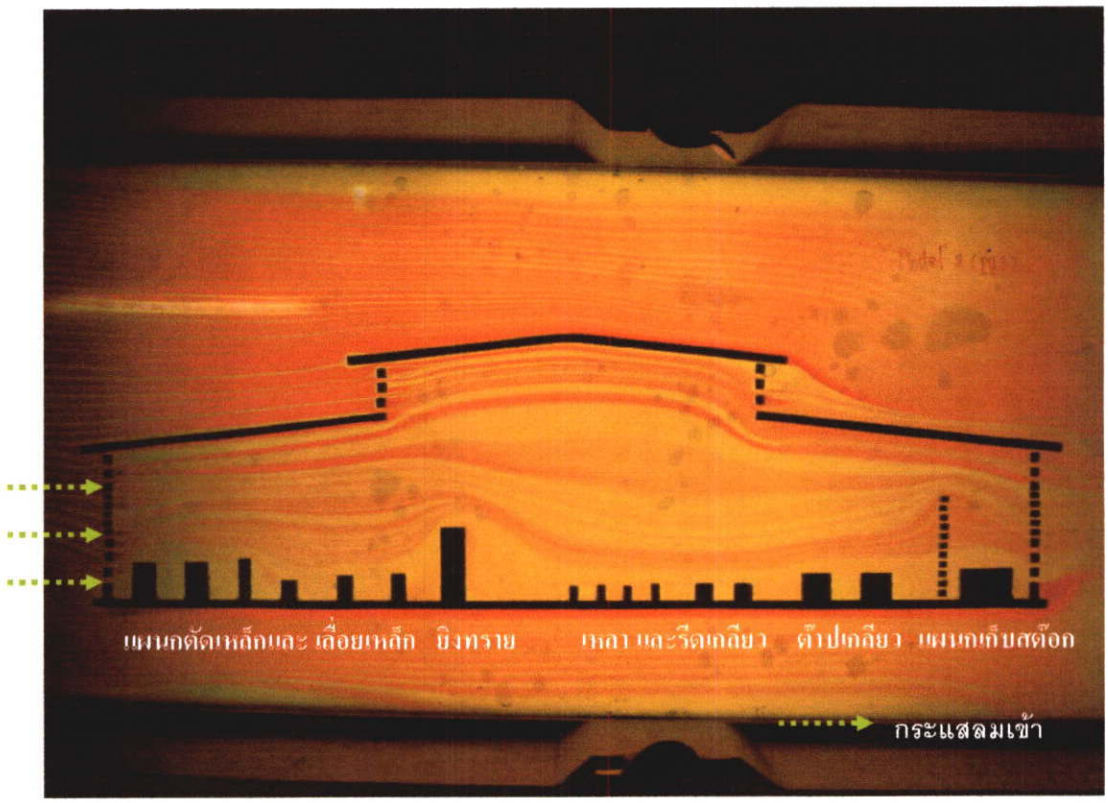
การทดลองใช้รูปตัดด้านที่ 1 และ 2 ในการทดลองซึ่งจะมีผลการทดลองดังภาพที่ 4.55 และภาพที่ 4.56 ซึ่งเป็นผลของรูปตัดที่ 1 และภาพที่ 4.57 และภาพ 4.58 จะเป็นผลของภาพตัดที่ 2 ตามลำดับดังต่อไปนี้





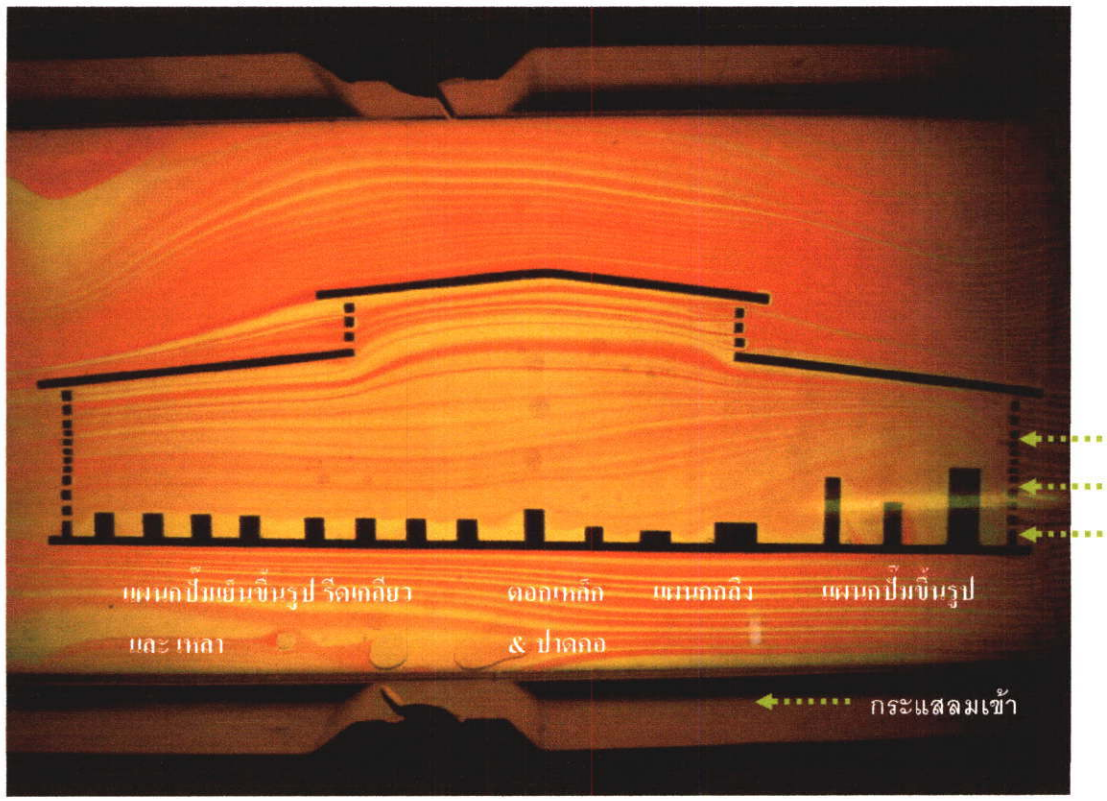
ภาพที่ 4.55 กระแสลมเข้าทางทิศใต้หลังอาคาร

จากภาพที่ 4.55 กระแสลมเริ่มพัดจากแผนกเก็บสต๊อก ต๊าปเกลียว เหลา รีดเกลียว ยิงทราย และ แผนกตัดเหล็ก เลื่อนเหล็ก ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากระแสลมจะมีมากบริเวณส่วนด้านที่ลมเข้า และจะเริ่มมีกำลังอ่อนลงเรื่อยๆ (□) จนถึงบริเวณส่วนด้านลมออก เนื่องจากความสูงของเครื่องจักรที่ทำให้กระแสลมไม่สามารถพัดผ่านได้ในระดับต่ำ คือ ระดับที่พนักงานทำงานอยู่ (□) ซึ่งกระแสลมจะมีการไหลอยู่บริเวณด้านบนได้ดี ซึ่งกระแสลมนั้นจากการทดลองสามารถลงได้ต่ำถึงระยะที่ประมาณ 2 เมตร



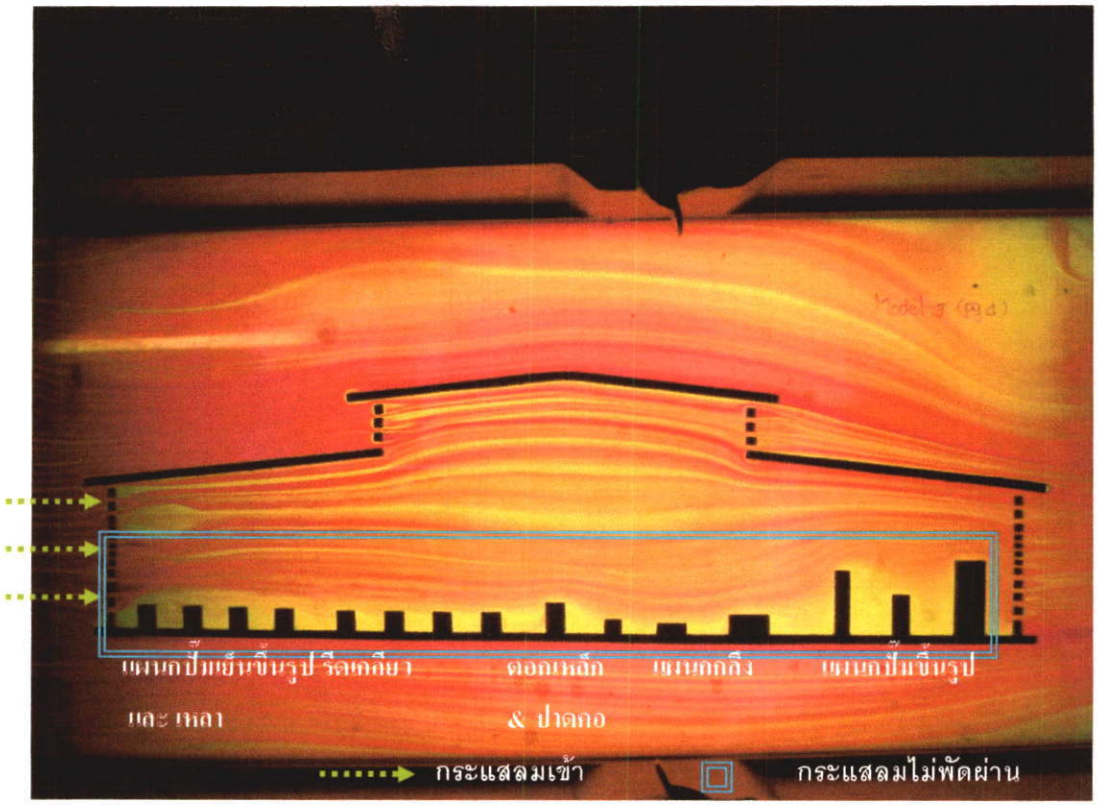
ภาพที่ 4.56 กระแสลมเข้าทางทิศเหนืออาคารโรงงาน

จากภาพที่ 4.56 กระแสลมเข้าจากแผนกตัดเหล็ก ยิงทราย เหลา รีดเกลียว ต๊าปเกลียว และแผนกเก็บสต๊อก ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากระแสลมนั้นเข้า และออกได้ดี ซึ่งอากาศสามารถเข้าและออกได้ทุกจุดโดยเฉพาะส่วนด้านบนที่ไม่มีสิ่งกีดขวางทำให้การเข้าและออกของลมเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ส่วนบริเวณที่มีเครื่องจักรกีดขวาง กระแสลมจะลงมาได้อย่างแผ่วเบา แต่สรุปว่าจากการทดลองของกระแสลมจะได้ว่ากระแสลมที่เข้า และ ออกนี้ ของการทดลองนี้สามารถเอาความร้อนออกได้โดยเฉพาะบริเวณด้านบน



ภาพที่ 4.57 กระแสลมเข้าทางทิศเหนืออาคารโรงงาน

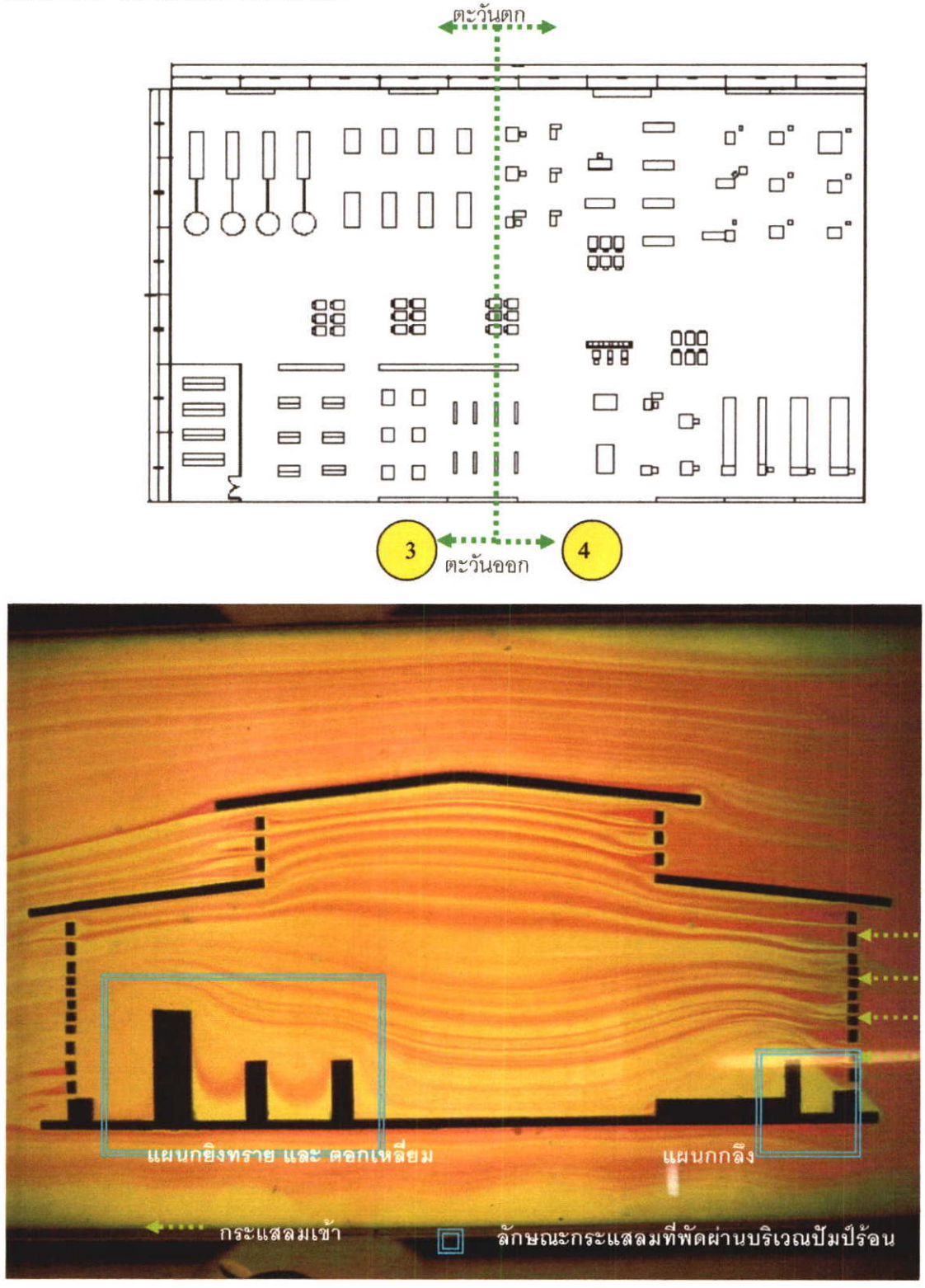
จากภาพที่ 4.57 กระแสลมพัดเข้าทางด้านแผนกปั๊มขึ้นรูป แผนกกลึง แผนกตอกเหล็ก ปาดคอ และแผนกปั๊มขึ้นรูปเย็น ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากระแสลมที่เข้า และ ออกได้อย่างสม่ำเสมอ (Laminar) ทำให้เกิดกระแสลมภายอาคารได้ดี ซึ่งสามารถนำความร้อนออกได้ในแผนกปั๊มปั้อน โดยการพัดขึ้นสู่ด้านบน ซึ่งจะตรงกับหัวข้อที่ 2.3.2 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ คือ อุณหภูมิสูงนั้นจะมีความหนาแน่นน้อย ซึ่งจะเกิดการลอยตัวสู่ด้านบน ดังนั้นจะเกิดการที่อากาศเย็นนั้นเข้ามาแทนที่ สรุปได้ว่าแผนกปั๊มปั้อนนั้นจะเกิดอากาศเย็นเข้าแทนทีอากาศร้อนที่ลอยตัวไปด้านบน และถูกพัดด้วยกระแสลมออก ทำให้พนักงานที่ทำงานบริเวณนั้นเกิดความรู้สึกสบาย



ภาพที่ 4.58 กระแสลมเข้าทางทิศใต้อาคารโรงงาน

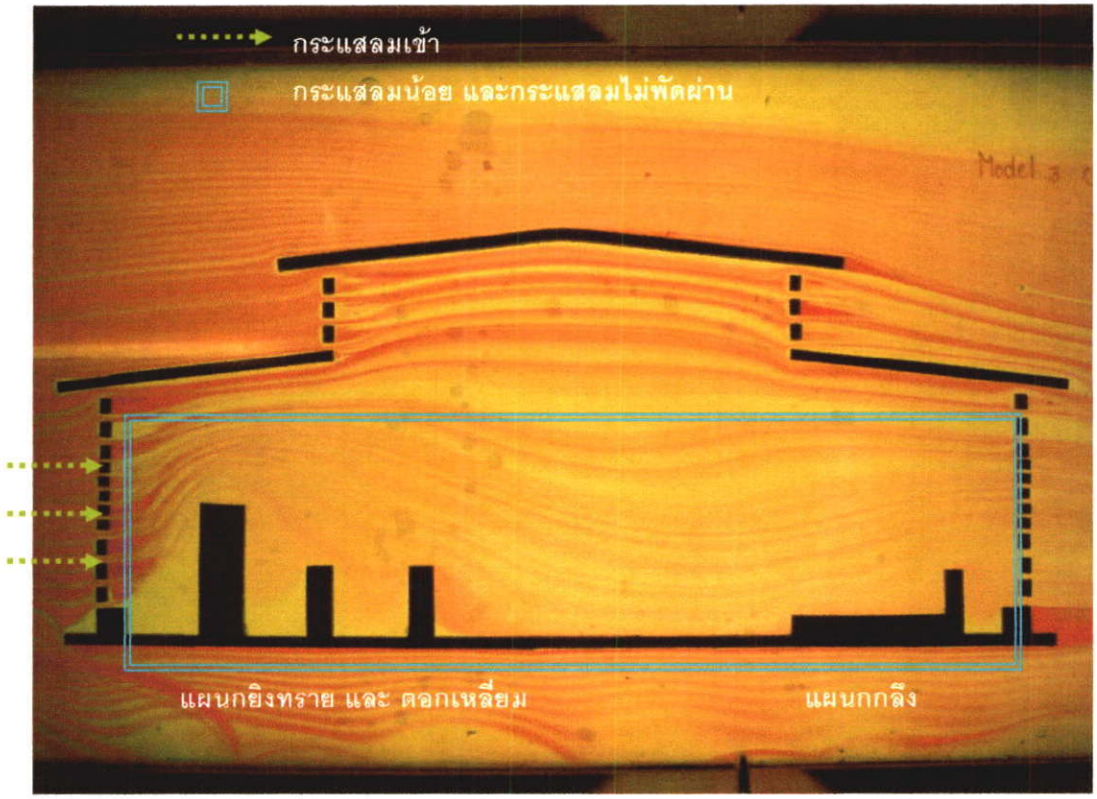
จากภาพที่ 4.58 กระแสลมพัดจากแผนกปั๊มขึ้นรูปเย็น แผนกตอกเหล็ก แผนกกลึง และแผนกปั๊มขึนรูปร้อน ดังนั้นจะเห็นว่ากระแสลมมีกระแสแบบสม่ำเสมอ (Laminar) โดยที่ความแรงของกระแสลมทั้งเข้า และ ออกจะมีความแรงอย่างสม่ำเสมอ เฉพาะบริเวณด้านบนซึ่งมีกระแสลมสม่ำเสมอ ทำให้เกิดรูปแบบที่ทำให้ความร้อนสามารถระบายออกได้โดยตรงตามทฤษฎีที่ว่า ความหนาแน่นน้อยลอยสู่อากาศด้านบนดังนั้นทำให้อากาศเย็นเข้ามาแทนทีได้ ซึ่งความแรงของกระแสลมจะสามารถพัดพาออกไปได้ แต่บริเวณส่วนพนักงานที่ทำงานเนื่องจากกระแสลมไม่สามารถพัดผ่านลงสัมผัสผิวพนักงานได้ เพราะเกิดการกีดขวางของเครื่องจักรที่มีความสูงมากทำให้ทิศทางของกระแสลมไม่สามารถพัดลงต่ำได้ถึงพนักงาน

การทดลองใช้รูปตัดด้านที่ 3 และ 4 ในการทดลองซึ่งจะมีผลการทดลองดังภาพที่ 4.59 และภาพที่ 4.60 จะเป็นผลที่ได้จากรูปด้านที่ 3 และส่วนรูปด้านที่ 4 มีผลการทดลองดังภาพที่ 4.61 และภาพที่ 4.62 ตามลำดับดังต่อไปนี้



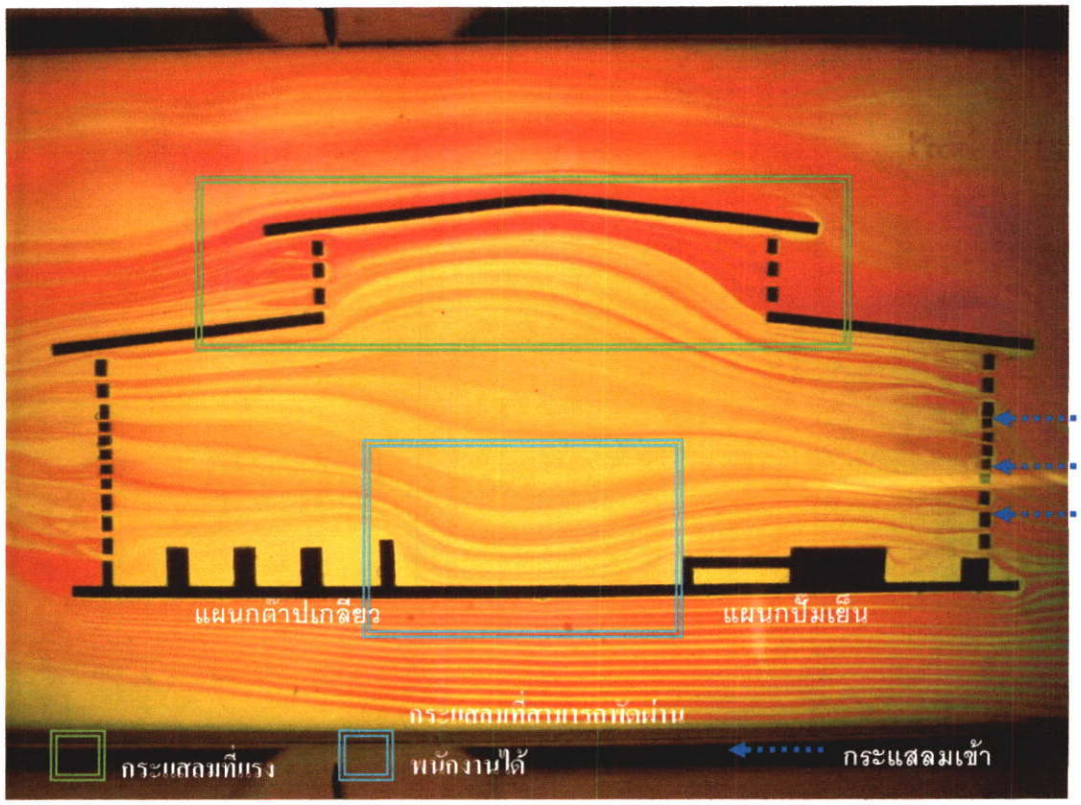
ภาพที่ 4.59 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันตกอาคารโรงงาน

จากภาพที่ 4.59 กระแสลมเริ่มต้นพัดจากแผนกกลึง ไปยังแผนกยิงทราย และ ตอกเหลี่ยม เห็นได้ว่ากระแสลมเข้ามีความแรงมาก ซึ่งกระแสลมออกนั้นมีความแผ่วเบา แต่บริเวณแผนกปั๊มร้อนจะมีกระแสลมแรงที่สามารถพัดเอาความร้อนขึ้น (□) สู่ด้านบนซึ่งด้านบนก็มีกระแสลมซึ่งกระแสลมด้านบนนั้นสามารถพัดเอาความร้อนที่ลอยขึ้นสู่ด้านบนออกได้ทำให้ความเย็นสามารถแทนที่ความร้อน ดังนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นจะลอยสู่ด้านบน และ กระแสลมพัดเอาความร้อนออก แต่กระแสลมที่พัดลงสู่ด้านล่างนั้นเป็นกระแสลมที่มีความเร็วลมน้อยจะเห็นได้จากผลการทดลอง ทำให้อาจจะยังมีความร้อนแฝงอยู่ภายในตัวอาคารโรงงานอุตสาหกรรมได้



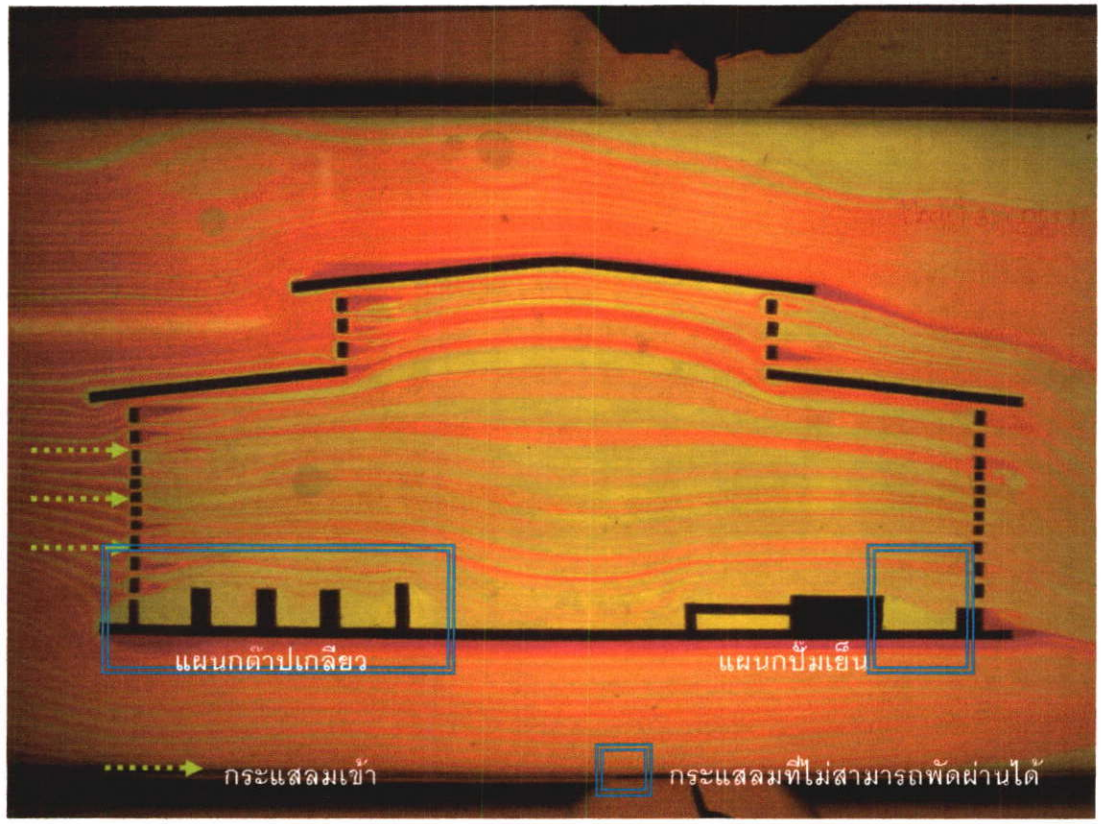
ภาพที่ 4.60 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันออกอาคารโรงงาน

จากภาพที่ 4.60 จะแสลมเริ่มต้นพัดจากแผนกยิงทราย ตอกเหลี่ยม และ แผนกกลึง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าบ้างบริเวณกระแสลมเข้าไม่สามารถพัดผ่านลงสู่พนักงาน และ บ้างบริเวณกระแสลมพัดได้แผ่วเบา (□) เนื่องจากการเครื่องจักรที่สูงทางด้านกระแสลมเข้าทำให้ทิศทางกระแสลมนั้นพัดสู่ด้านบน และ ไหลลงสู่ด้านล่าง เพราะ สิ่งกีดขวางที่ต่ำลง ทำให้บางบริเวณกระแสลมสามารถพัดได้และสัมผัสถึงพนักงานที่ทำงานอยู่ได้แต่ในลักษณะที่แผ่วเบาเท่านั้น พิจารณาจากผลการทดลองที่ความเข้มข้นของด้านทับทิมนั้นน้อย



ภาพที่ 4.61 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันตกอาคารโรงงาน

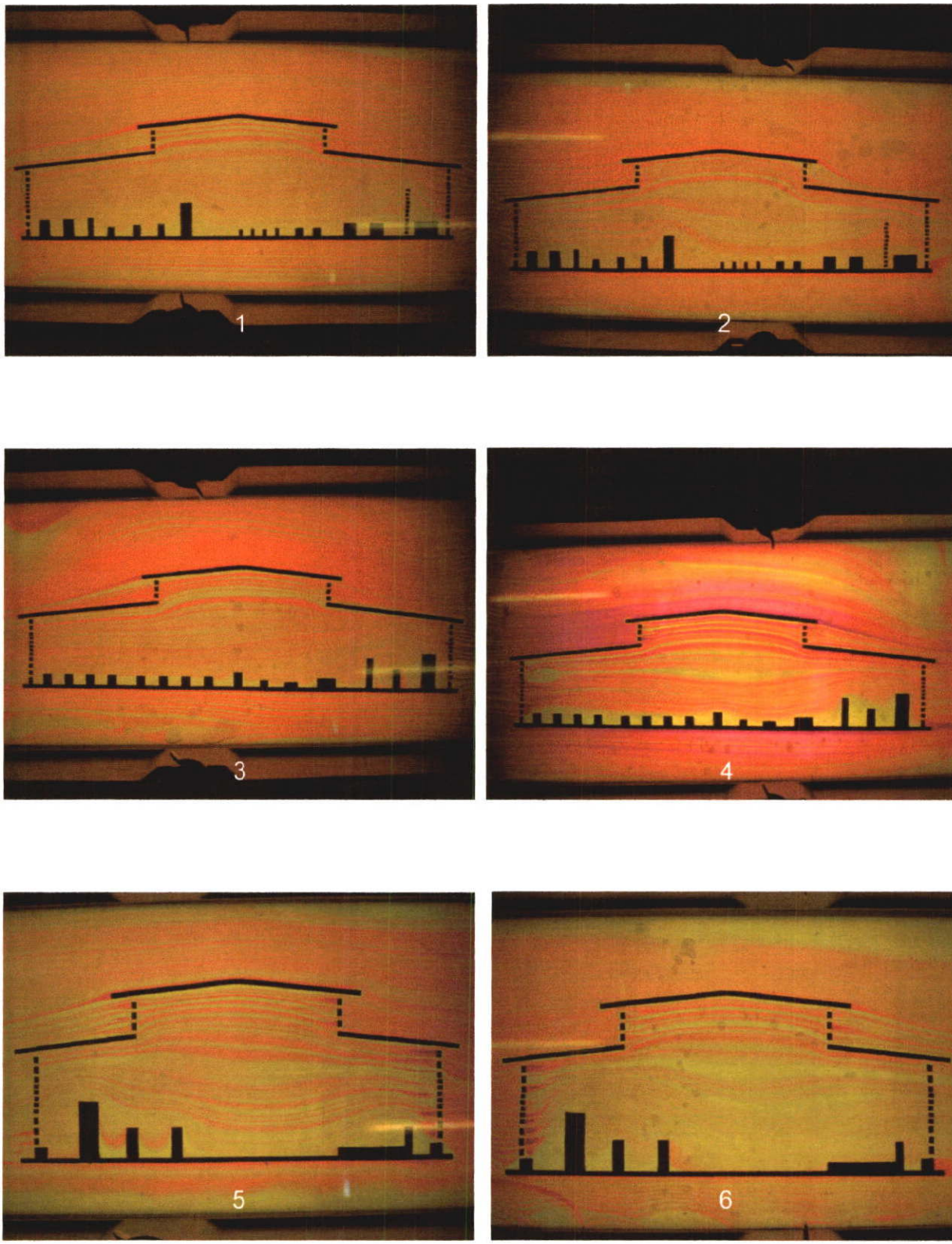
จากภาพที่ 4.61 กระแสลมพัดเข้าจากแผนกปั๊มเย็น ไปยังแผนกต๊าปเกลียว ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากระแสลมเข้า และ ออกได้อย่างสม่ำเสมอ (Laminar) ซึ่งเป็นกระแสลมที่เบา เมื่อเทียบกับกระแสลมด้านบนที่มีความแรงของกระแสลมนั้นมาก ( ) ซึ่งบางช่วงที่กระแสลมนั้นสามารถสัมผัสพนักงานที่ทำงานอยู่ได้ ( ) จะสามารถทำให้ความร้อนลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน และเกิดการแลกเปลี่ยนอากาศเกิดขึ้นทำให้ความร้อนลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน และ ความเย็นแทนที่ความร้อนได้ ทำให้เกิดการระบายความร้อนออกได้อย่างเร็ว



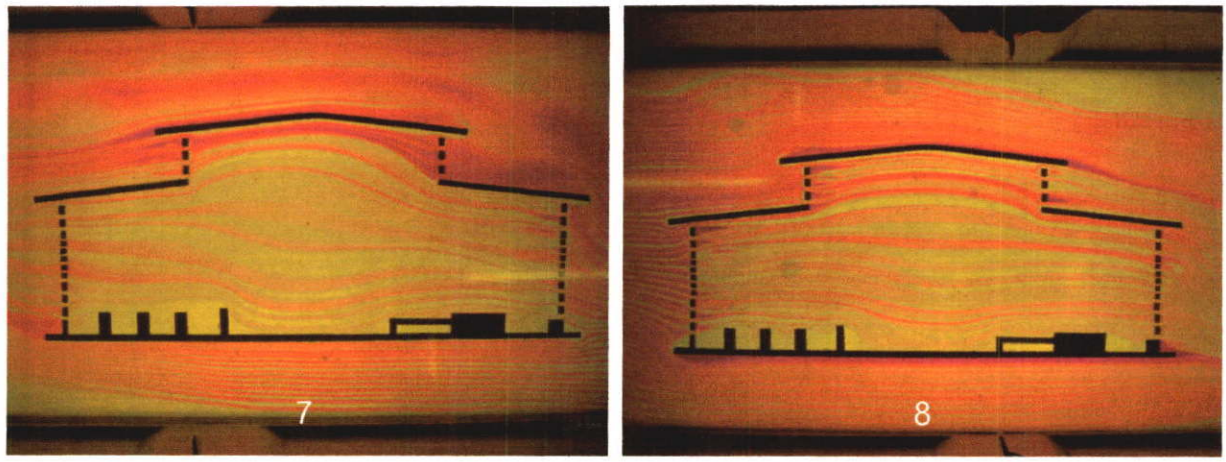
ภาพที่ 4.62 กระแสลมเข้าทางทิศตะวันออกอาคารโรงงาน

จากภาพที่ 4.62 กระแสลมเริ่มต้นพัดจากแผนกต๊าปเกลียว ไปยังแผนกปั๊มเย็น ดังนั้นจะเห็นได้ว่า กระแสลมที่พัดเข้า และ ออกมีความแรงอย่างสม่ำเสมอ (Laminar) ทำให้เกิดการพัดพาความร้อนออกได้อย่างทั่วอาคาร บ้างบริเวณกระแสลมไม่สามารถพัดผ่าน และสัมผัสพนักงานได้นั้นจะทำให้บริเวณนั้นเกิดความร้อนสะสมได้ เนื่องจาก การวาง และ ความสูงของเครื่องจักรที่ขวางทางเดินลม ทำให้กระแสลมไม่สามารถพัดลงได้ต่ำ ดังนั้นความร้อนในบริเวณที่กระแสลมไม่สามารถพัดลงได้ถึงนั้น จะมีพื้นที่มากกว่าบริเวณที่กระแสลมสามารถพัดผ่านพนักงานได้

ดังนั้นจากการทดลองของแบบจำลองที่ 3 กับการใช้อิฐบล็อกชนิดลิ้นคู่ผสมผสานกับการใช้กระเบื้องบานเกล็ดของผนังโรงงานอุตสาหกรรมสามารถสรุปได้ว่า



ภาพที่ 4.63 ภาพรวมทั้งหมดของการไหลของกระแสลมแบบจำลองที่ 3 (ต่อ)



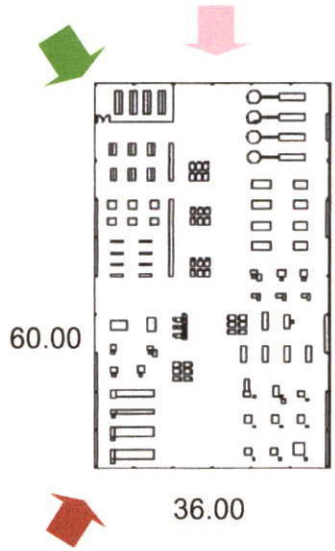
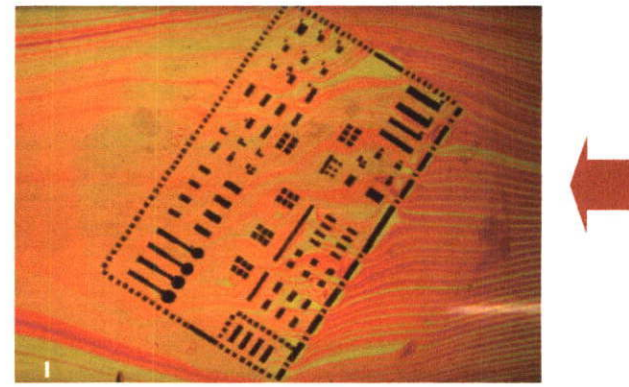
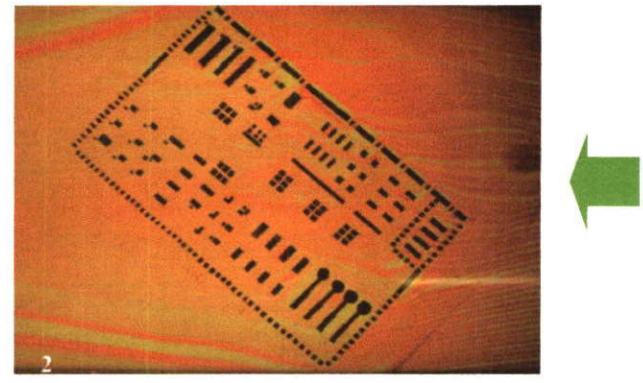
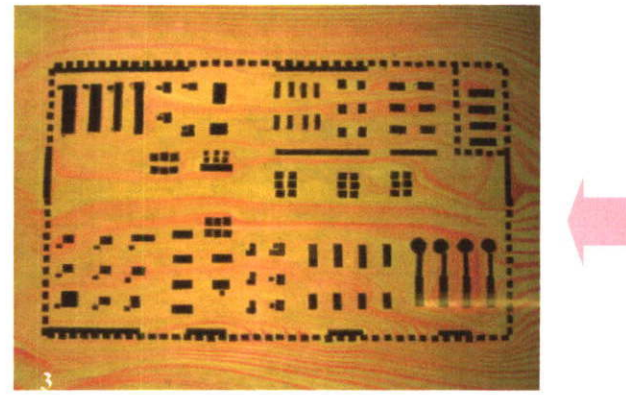
ภาพที่ 4.63 ภาพรวมทั้งหมดของการไหลของกระแสลมแบบจำลองที่ 3

จากภาพที่ 4.63 สรุปได้ว่า รูปแบบที่มีการใช้ เกล็ดกระเบื้อง ผสมกับการใช้อิฐบล็อกในการออกแบบ จะได้ผลสรุปว่า กระแสลมสามารถเข้า และ ออกได้ดี กระแสลมที่เข้า และ ออกส่วนมากเป็นกระแสลมที่พดอย่างสม่ำเสมอ ส่วนภาพที่ 5 และ ภาพที่ 6 กระแสลมที่พัดนั้นจะแผ่วเบามากซึ่งทำให้การหมุนเวียนของอากาศนั้นน้อยทำให้เกิดความร้อนได้ นอกจากนี้ภาพที่ 1, 2, 3, 7 และ 8 เป็นรูปที่มีกระแสลมสามารถไหลเข้า และ ออกได้ดี ทำให้พนักงานเกิดความสบายเนื่องจากการแลกเปลี่ยนอากาศของความร้อน (การที่อากาศมีความหนาแน่นน้อย) ทำให้อากาศเย็นเคลื่อน และ แทนที่ได้นอกจากนี้อากาศที่พัดบริเวณด้านบนก็สามารถนำความร้อนออกได้บริเวณช่องที่เจาะตามผนังได้

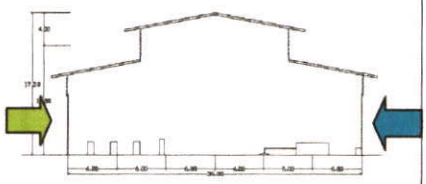
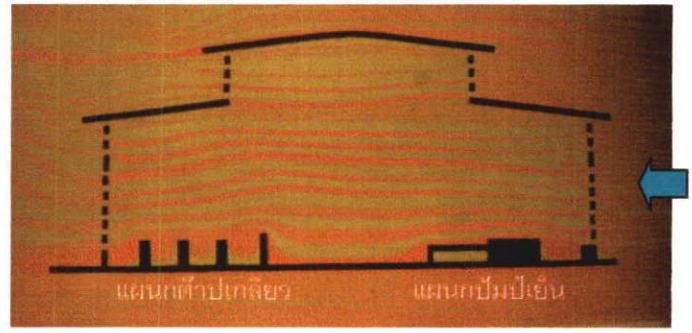
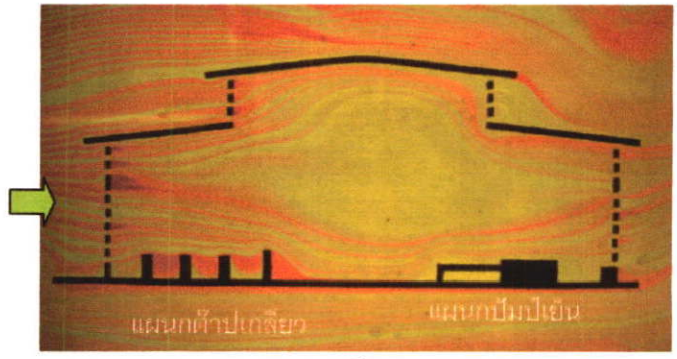
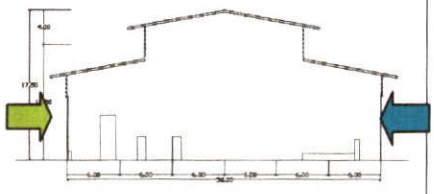
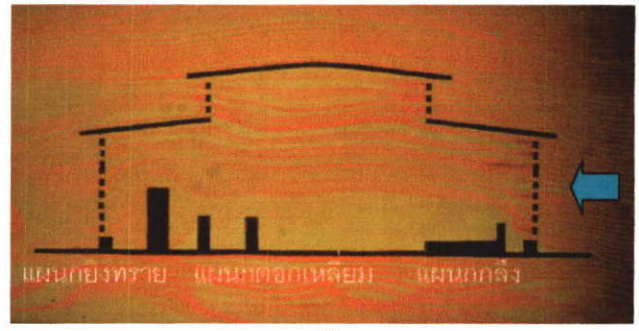
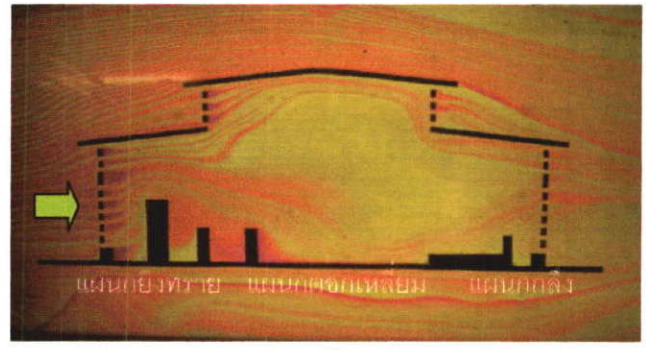
4.5.4 สรุปผลการทดลองของการใช้ อุโมงค์ลม และ โต๊ะน้ำ

4.5.4.1 แสดงพฤติกรรมการไหลของกระแสลมกับหุ่นจำลองที่ 1

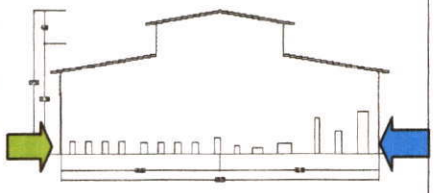
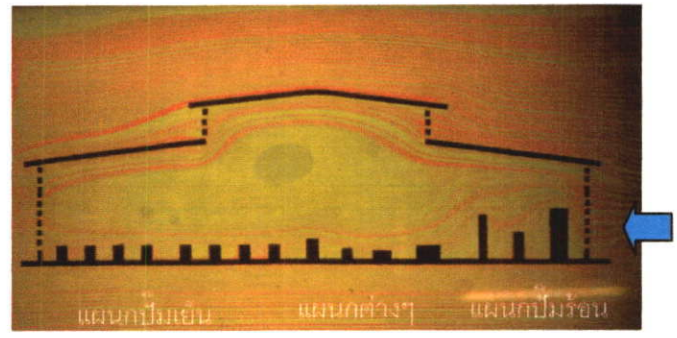
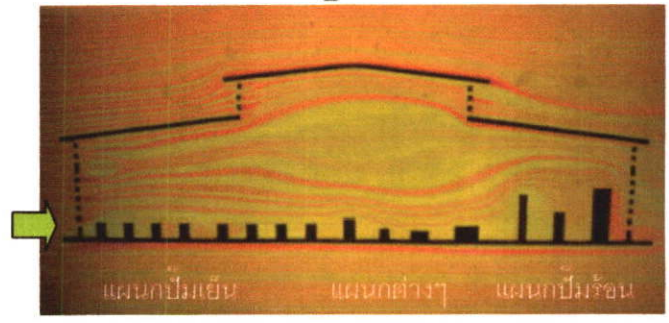
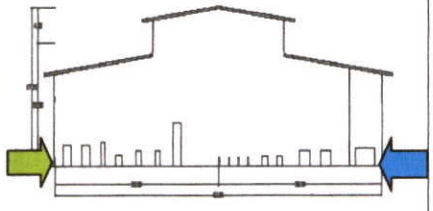
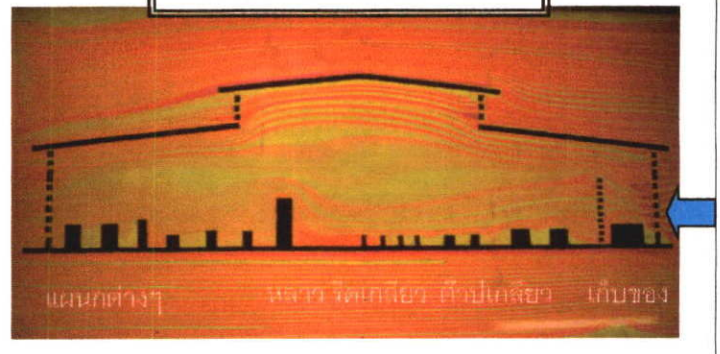
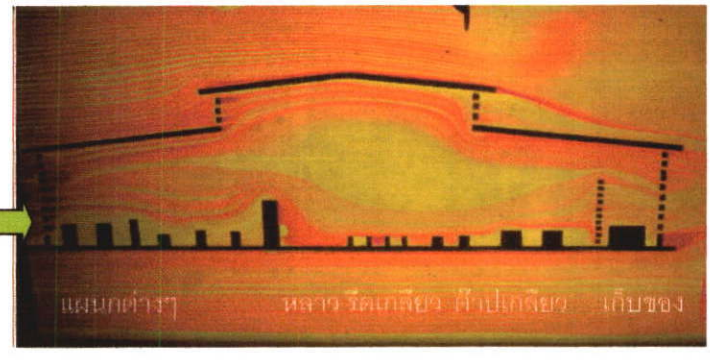
ตารางที่ 4.4 ทิศทางการไหลของกระแสลมของรูปแปลนหุ่นจำลองที่ 1

แปลน	หุ่นจำลอง และ การแสดงการไหลของกระแสลม
	  
หมายเหตุ : ช่วงห่างของเสาห่างทุกๆ 6 เมตร จากตรงกลางเสา ถึงกลางเสา สัญลักษณ์ทางเข้าลม รูปที่ 1 = ภาพที่ 4.32 รูปที่ 2 = ภาพที่ 4.33 รูปที่ 3 = ภาพที่ 4.34	

ตารางที่ 4.5 ทิศทางการไหลของกระแสลมของรูปด้านสั้นหุ่นจำลองที่ 1

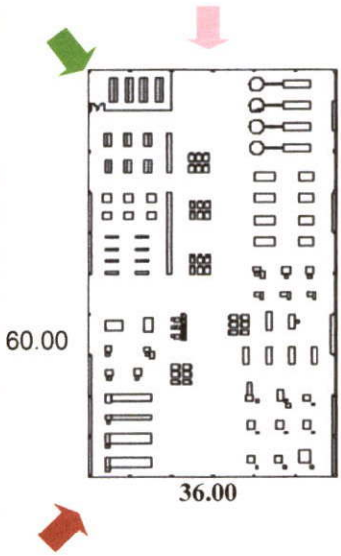
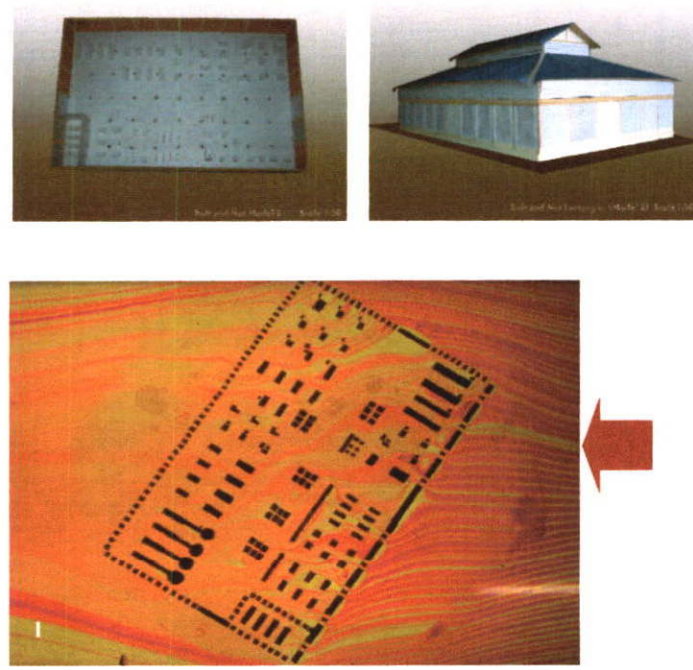
รูปด้านสั้น	การทดลองโดยโต๊ะน้ำ
 ความสูง = 17.50 เมตร ความกว้าง = 36.00 เมตร = ทางเข้าของกระแสลม ภาพ A = ภาพที่ 4.41 ภาพ B = ภาพที่ 4.42	 A  B
รูปด้านสั้น	การทดลองโดยโต๊ะน้ำ
 ความสูง = 17.50 เมตร ความกว้าง = 36.00 เมตร = ทางเข้าของกระแสลม ภาพ C = ภาพที่ 4.43 ภาพ D = ภาพที่ 4.44	 C  D

ตารางที่ 4.6 ทิศทางการไหลของกระแสลมของรูปด้านยาวหุ่นจำลองที่ 1

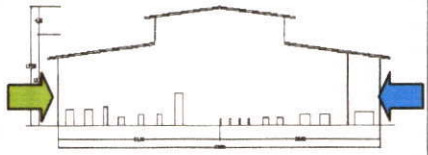
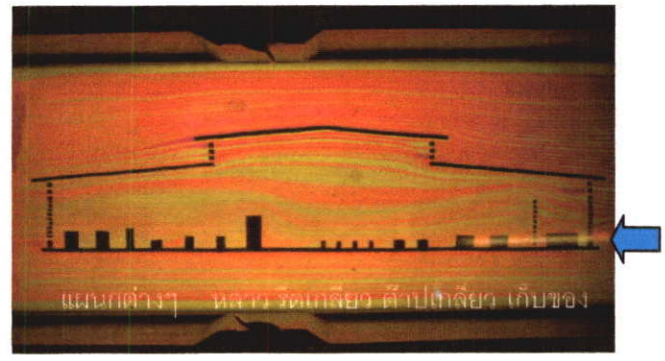
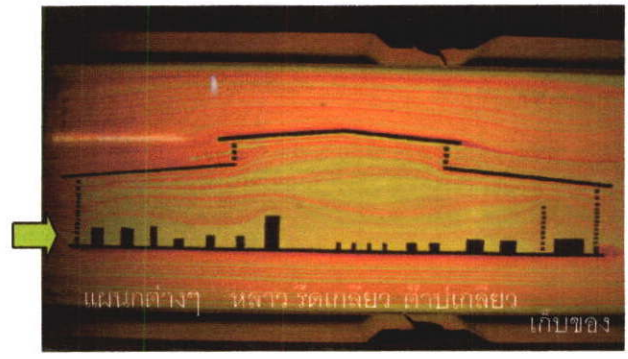
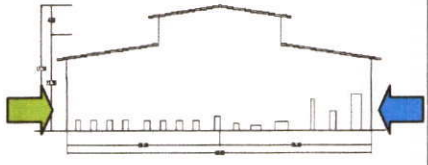
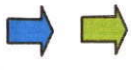
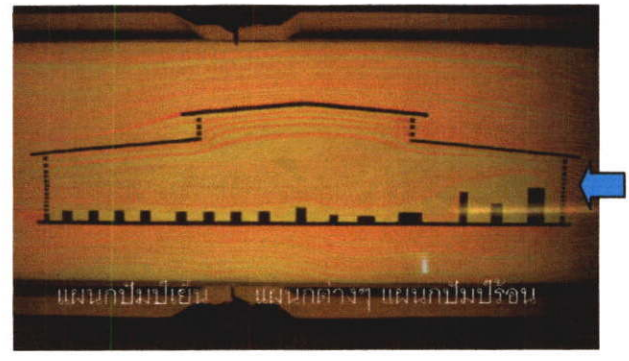
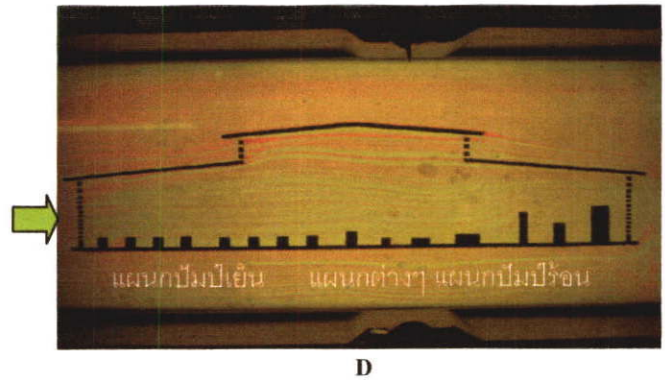
รูปด้านยาว	การทดลองโดยโต๊ะน้ำ
 ความสูง = 17.50 เมตร ความกว้าง = 36.00 เมตร = ทางเข้าของกระแสลม แผนกต่างๆ ประกอบด้วย เครื่องเจาะหัวน็อต , เครื่องปาดหัวและตัวน็อต , โต๊ะทำแม่พิมพ์ และเครื่องกลึง ภาพ E = รูปที่ 4.39 ภาพ F = รูปที่ 4.40	 **E**  **F**
รูปด้านยาว	การทดลองโดยโต๊ะน้ำ
 ความสูง = 17.50 เมตร ความกว้าง = 36.00 เมตร = ทางเข้าของกระแสลม แผนกต่างๆ ประกอบด้วย เครื่องยิงทราย , เครื่องปั๊มแหวน และ เครื่องตัดเหล็ก ภาพ G = รูปที่ 4.37 ภาพ H = รูปที่ 4.38	 **G**  **H**

4.5.4.2 แสดงพฤติกรรมการไหลของกระแสลมกับหุ่นจำลองที่ 2

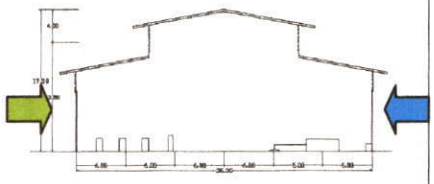
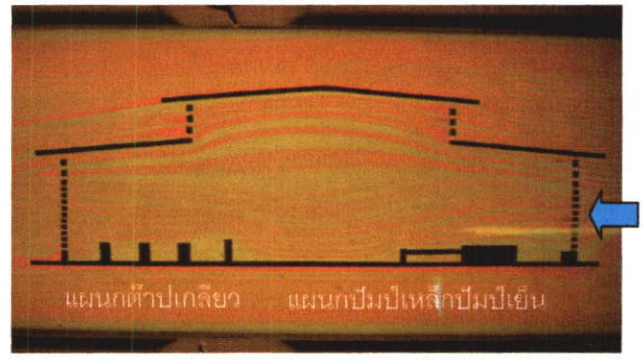
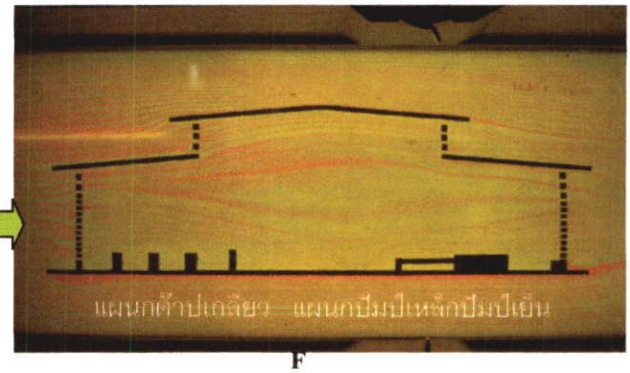
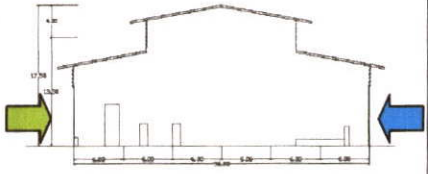
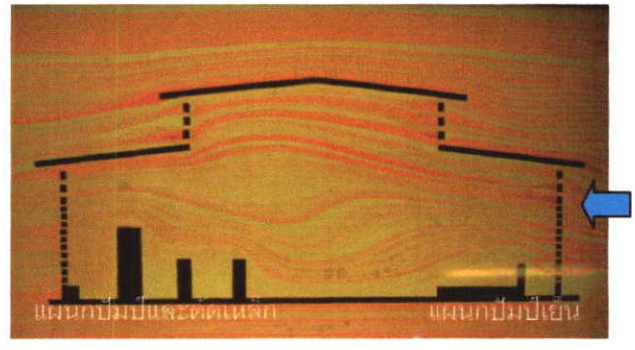
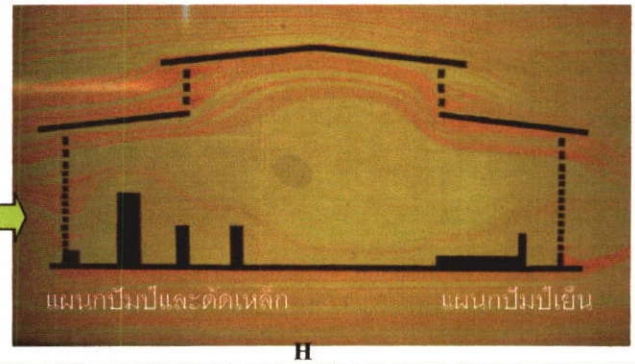
ตารางที่ 4.7 ทิศทางการไหลของกระแสลมของแปลน ของหุ่นจำลองที่ 2

แปลน	หุ่นจำลอง และ การแสดงการไหลของกระแสลม
	
หมายเหตุ : ช่วงห่างของเสาห่างทุกๆ 6 เมตร จากตรงกลางเสา ถึงกลางเสา สัญลักษณ์ทางเข้าลม รูปที่ 1 = ภาพที่ 4.32 รูปที่ 2 = ภาพที่ 4.33 รูปที่ 3 = ภาพที่ 4.34	

ตารางที่ 4.8 ทิศทางการไหลของกระแสลมของด้านยาวของหุ่นจำลองที่ 2

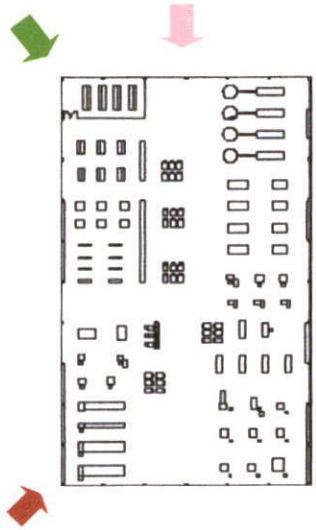
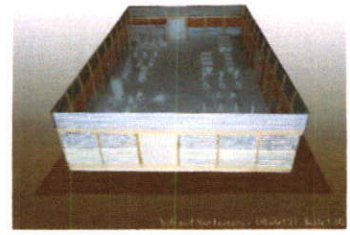
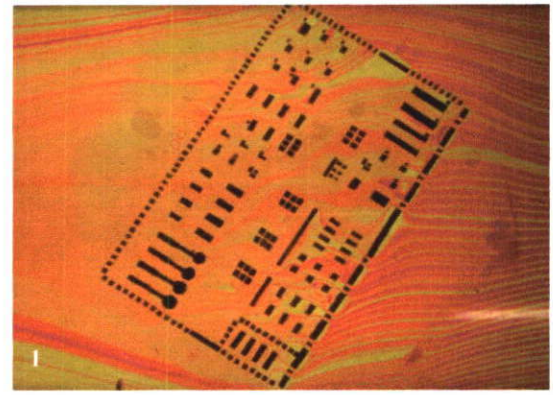
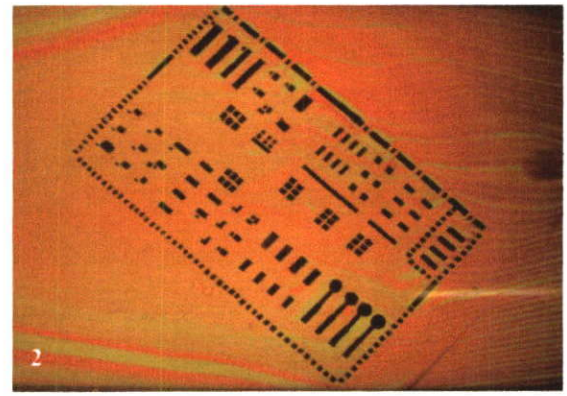
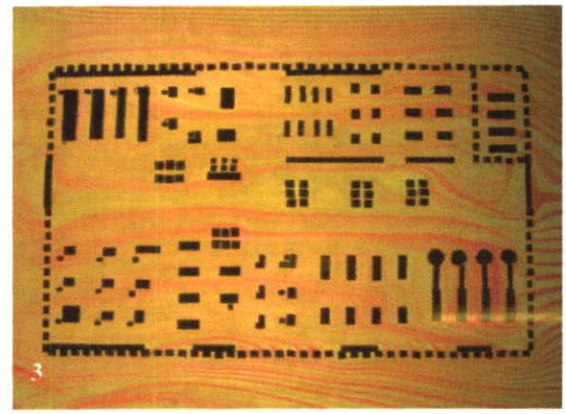
รูปด้านยาว	การทดลองโดยโต๊ะน้ำ
 ความสูง = 17.50 ม. ความกว้าง = 60.00 ม. = กระแสลมเข้า แผนกต่างๆ ประกอบด้วย ยิงทราย ปั๊มแหวน และ ตัดเหล็ก ภาพ A = รูปที่ 4.47 ภาพ B = รูปที่ 4.46	 A  B
รูปด้านยาว	**การทดลองโดยโต๊ะน้ำ**
 ความสูง = 17.50 ม. ความกว้าง = 60.00 ม.  = กระแสลมเข้า แผนกต่างๆ ประกอบด้วย เครื่องเจาะหัวน็อต , เครื่องปาดหัว และ ตัวน็อต , โต๊ะทำแม่พิมพ์ และ เครื่องกลึง ภาพ C = รูปที่ 4.48 ภาพ D = รูปที่ 4.49	 C  D

ตารางที่ 4.9 ทิศทางการไหลของกระแสลมของด้านสั้นของหุ่นจำลองที่ 2

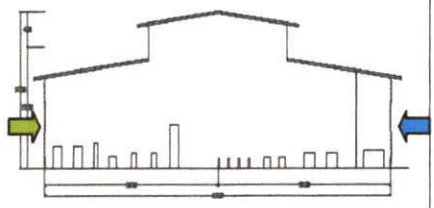
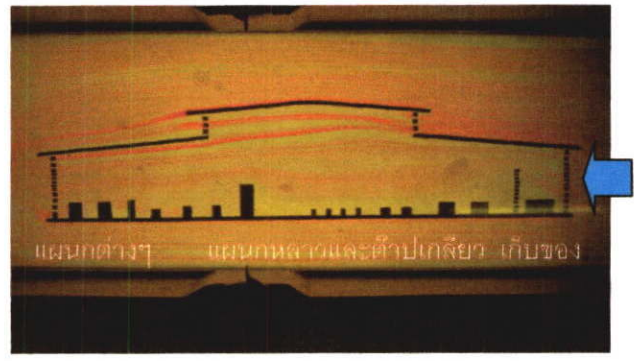
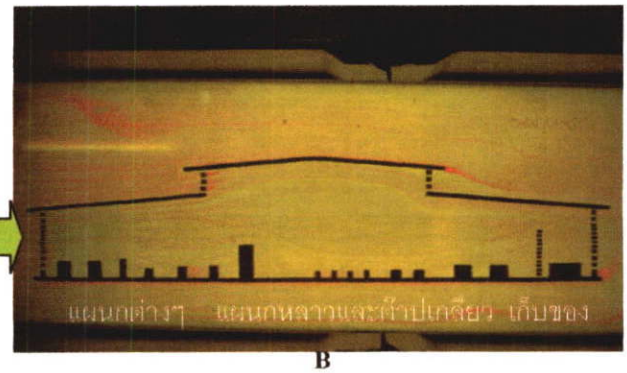
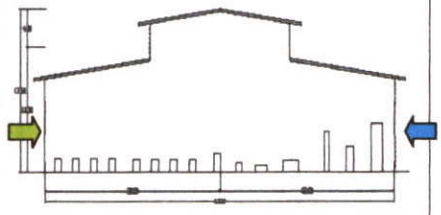
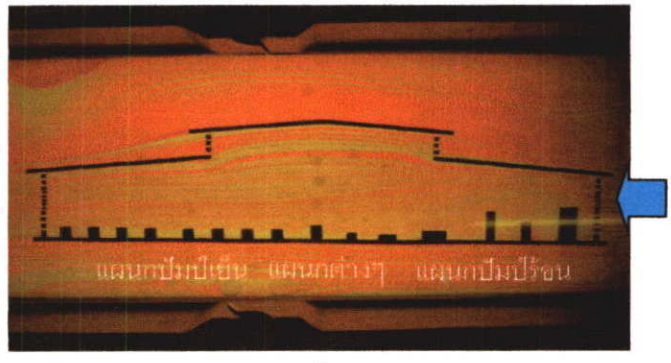
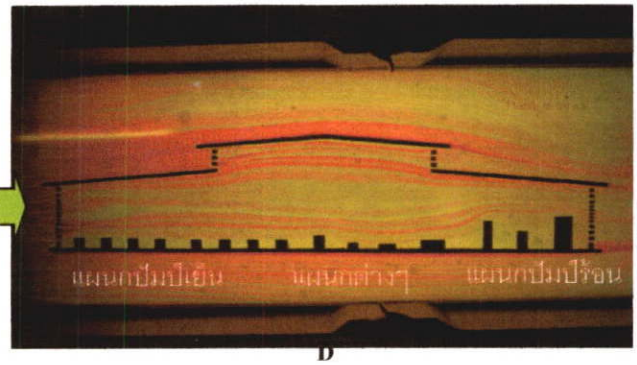
รูปด้านสั้น	การทดลองโดยโต๊ะน้ำ
 ความสูง = 17.50 ม. ความกว้าง = 36.00 ม. = กระแสลมเข้า ภาพ E = รูปที่ 4.52 ภาพ F = รูปที่ 4.53	 แผนกต้าปเกลียว แผนกปั๊มป์เหล็กปั๊มป์เย็น **E**  แผนกต้าปเกลียว แผนกปั๊มป์เหล็กปั๊มป์เย็น **F**
รูปด้านสั้น	**การทดลองโดยโต๊ะน้ำ**
 ความสูง = 17.50 ม. ความกว้าง = 36.00 ม. กระแสลมเข้า ภาพ G = รูปที่ 4.50 ภาพ H = รูปที่ 4.51	 แผนกปั๊มป์และตัดเหล็ก แผนกปั๊มป์เย็น **G**  แผนกปั๊มป์และตัดเหล็ก แผนกปั๊มป์เย็น **H**

4.5.4.3 แสดงพฤติกรรมการไหลของกระแสลมกับหุ่นจำลองที่ 3

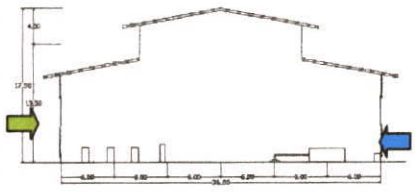
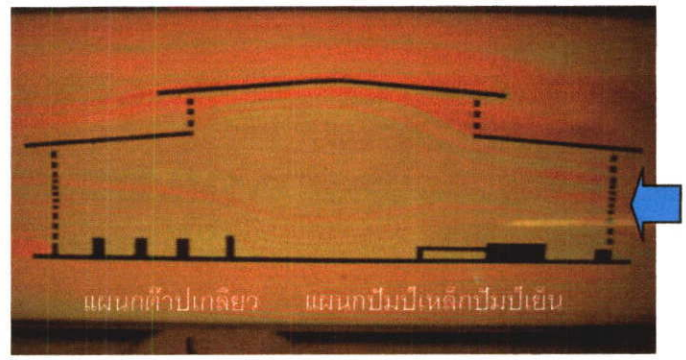
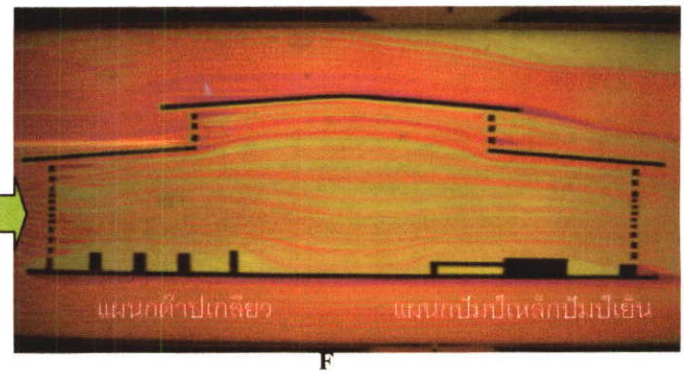
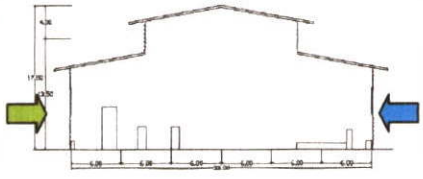
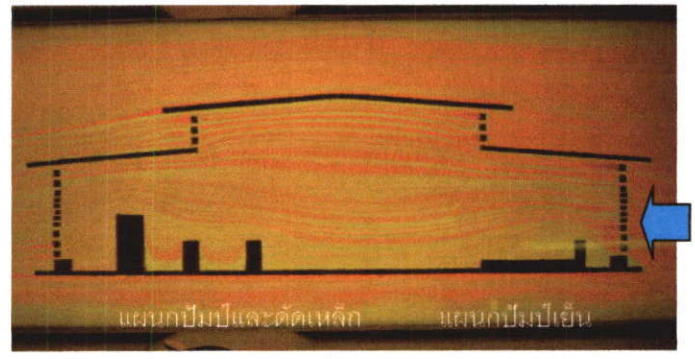
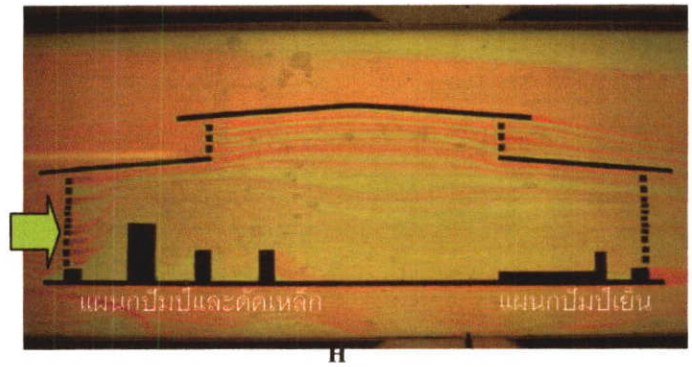
ตารางที่ 4.10 ทิศทางการไหลของกระแสลมของแปลนของหุ่นจำลองที่ 3

แปลน	หุ่นจำลอง และ การแสดงการไหลของกระแสลม
	   
สัญลักษณ์ทางเข้าลม	
รูปที่ 1 = ภาพที่ 4.32 รูปที่ 2 = ภาพที่ 4.33 รูปที่ 3 = ภาพที่ 4.34	

ตารางที่ 4.11 ทิศทางการไหลของกระแสลมของด้านยาวของหุ่นจำลองที่ 3

รูปด้านยาว	การทดลองโดยโต๊ะน้ำ
 ความสูง = 17.50 ม. ความกว้าง = 60.00 ม. = ทางเข้าของกระแสลม แผนกต่างๆ ประกอบด้วย ยิงทราย ปั๊มป์ แหวน และ ตัดเหล็ก ภาพ A = รูปที่ 4.55 ภาพ B = รูปที่ 4.56	 A  B
รูปด้านยาว	**การทดลองโดยโต๊ะน้ำ**
 ความสูง = 17.50 ม. ความกว้าง = 60.00 ม. = ทางเข้าของกระแสลม แผนกต่างๆ ประกอบด้วย เครื่องเจาะหัวน็อต , เครื่องปาดหัว และ ตัวน็อต , โต๊ะทำแม่พิมพ์ และ เครื่องกลึง ภาพ C = รูปที่ 4.57 ภาพ D = รูปที่ 4.58	 c  D

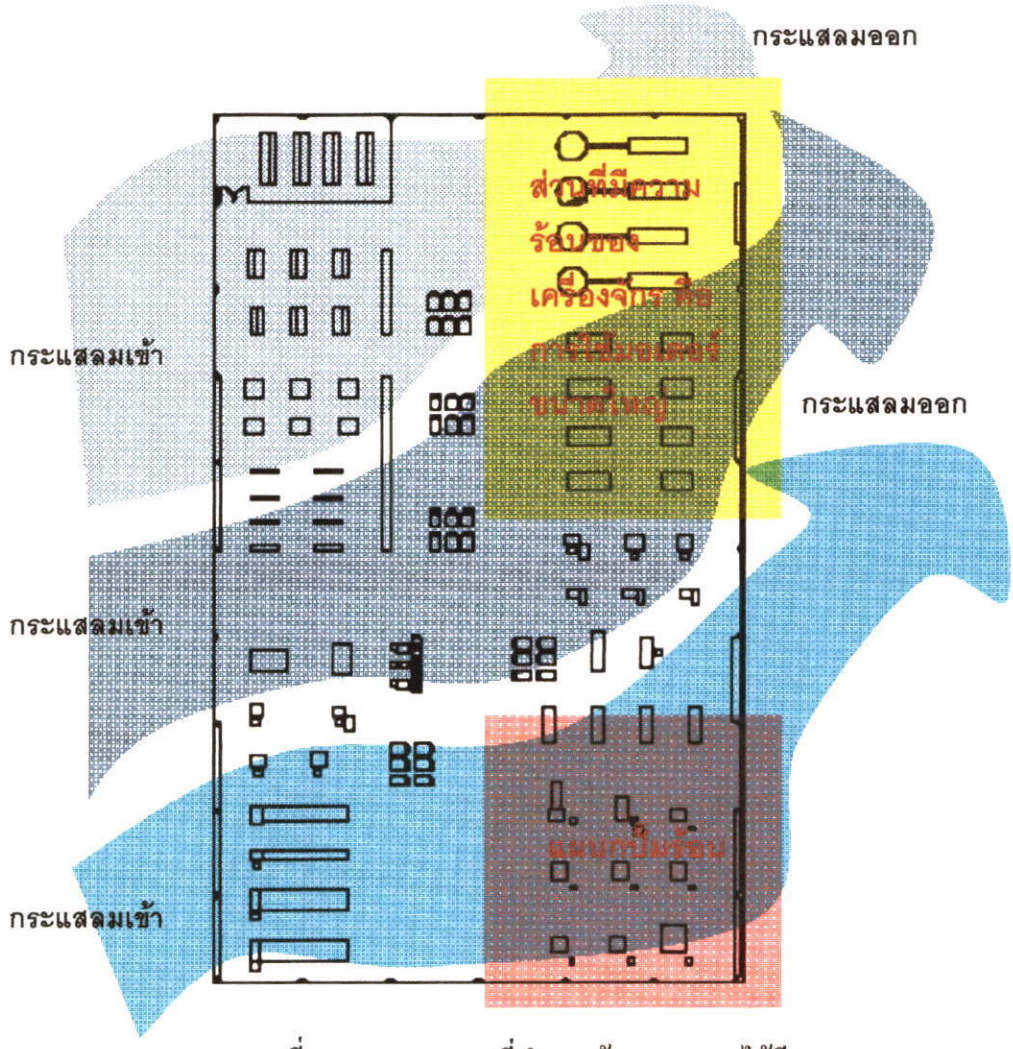
ตารางที่ 4.12 ทิศทางการไหลของกระแสลมของด้านสั้นของหุ่นจำลองที่ 3

รูปด้านสั้น	การทดลองโดยโต๊ะน้ำ
 ความสูง = 17.50 ม. ความกว้าง = 36.00 ม. = ทางเข้าของกระแสลม ภาพ E = รูปที่ 4.66 ภาพ F = รูปที่ 4.67	 **E**  **F**
รูปด้านสั้น	**การทดลองโดยโต๊ะน้ำ**
 ความสูง = 17.50 ม. ความกว้าง = 36.00 ม. = ทางเข้าของกระแสลม ภาพ G = รูปที่ 4.64 ภาพ H = รูปที่ 4.65	 **G**  **H**

4.5.5 สรุปผลการทดลองโต๊ะน้ำกับรูปแบบต่างๆของโรงงานสลักภัณฑ์

ดังนั้นสามารถสรุปผลการทดลองโต๊ะน้ำกับรูปแบบต่างๆของโรงงานสลักภัณฑ์ได้ดังต่อไปนี้

1. การวางผังอาคาร ควรที่จะวางเฉียงกับทิศทางลม โดยด้านที่กระแสลมเข้านั้นมีช่องเปิดน้อยกว่าด้านกว้างของกระแสลมออก ซึ่งการที่ตัวอาคารวางเฉียงทำให้เกิดการการเปลี่ยนแปลงของทิศทางลมและกระแสลมสามารถเข้าได้มากทำให้สามารถพัดเอาความร้อนออกได้ดี จากทฤษฎีของการออกแบบช่องเปิดอากาศ (มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543) คือ การเจาะช่องเปิดทางเข้าเล็ก ช่องทางออกใหญ่จะมีกระแสลมที่เร็ว และ แรง ซึ่งจะตรงกับผลการทดลองที่ได้

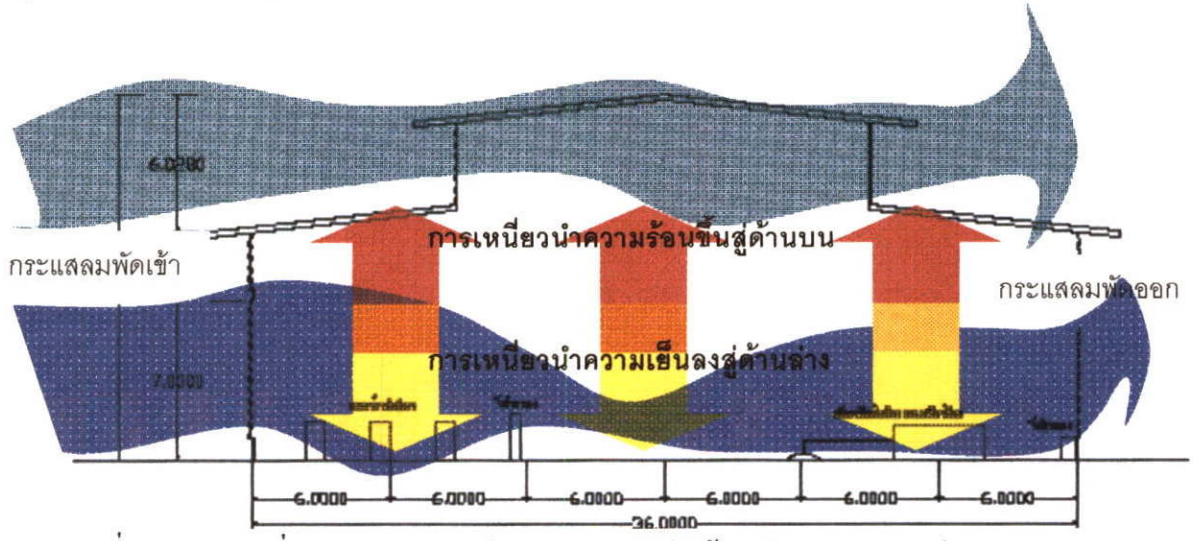


ภาพที่ 4.64 กระแสลมที่นำลมเข้า และ ออกได้ดี

2. จากการศึกษารูปตัดของผนังอาคารเพื่อหากระแสลมที่สามารถเข้า และ ออกได้ดีที่สุด จะได้ว่า รูปแบบอาคารที่มีการใช้วัสดุผสมผสานกันคือ การใช้บล๊อกช่องลมชนิดลิ้นคู่ ผสมผสานกับ การใช้กระเบื้องเกล็ดนั้นสรุปได้ว่าเป็นรูปแบบที่ทำให้กระแสลมเข้า และ ออกได้ดีที่สุด และกระแสลมผ่านได้ทั่วทุกแผนกซึ่งสามารถนำความร้อนออกได้ดี ตรงกับทฤษฎีของการระบาย

อากาศตามธรรมชาติที่ว่า อุณหภูมิสูง (ความหนาแน่นน้อย) จะทำให้มีการลอยตัวสูงขึ้น และอากาศเย็นแทนที่อากาศร้อนทำให้บริเวณที่ร้อน โดยเฉพาะกิจกรรมของปั๊มร้อนที่มีการใช้ความร้อนในการเผาเหล็กตามขบวนการผลิตเหล็กนั้นจะสามารถทำให้ความร้อนลอยตัว และ กระแสลมนั้นพัดผ่านได้จากการทดลอง ดังนั้นทำให้พนักงานเกิดความสบาย และ เสียเหงื่อน้อยลงได้

3. จากการศึกษากระแสลมกับโต๊ะน้ำพบว่า การเปิดส่วนระบายอากาศไว้ด้านบน ทำให้อากาศเย็นที่เข้าสู่ด้านข้างของผนังสามารถลอยและนำความร้อนเบี่ยงเบนออกทางด้านบนได้ เนื่องจาก การเหนี่ยวนำของอากาศที่อยู่รอบข้างเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำให้ความหนาแน่นรอบข้างลดลง โดยส่งผลให้อากาศส่วนที่ไม่ได้ถูกเหนี่ยวนำไปซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าไหลเข้ามาแทนที่ในส่วนที่ความดันลดลง (กฤษฎา อินทรสถิตย์. 2545) ทำให้อากาศเกิดการเบี่ยงเบนลอยพัดออกสู่ด้านบน (ภาพที่ 4.65)



ภาพที่ 4.65 การเหนี่ยวนำอากาศระหว่างความหนาแน่นน้อย กับความหนาแน่นมาก

สัญลักษณ์

คือ กระแสลมที่พัดด้านล่าง และ ด้านบนหลังคา

คือ การเหนี่ยวนำอากาศร้อนขึ้นสู่ด้านบน

คือ การเหนี่ยวนำอากาศเย็นลงสู่ด้านล่าง

4.6 สรุปส่วนที่จะทำการศึกษาในบทต่อไป

จากการศึกษา และ การทำทดลองแล้วนั้นจะสามารถสรุป และ วิเคราะห์จากการทดสอบความเร็วลมด้วยอุโมงลม และวิเคราะห์ทิศทางการไหลของลมจากการทดสอบจากโต๊ะน้ำเพื่อให้ทราบถึงวัสดุใดที่ทำให้กระแสลมสามารถเข้า และ ออกได้ดี รวมทั้งสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการนำกระแสลมเข้า และออกได้ดีภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ในบทต่อไป

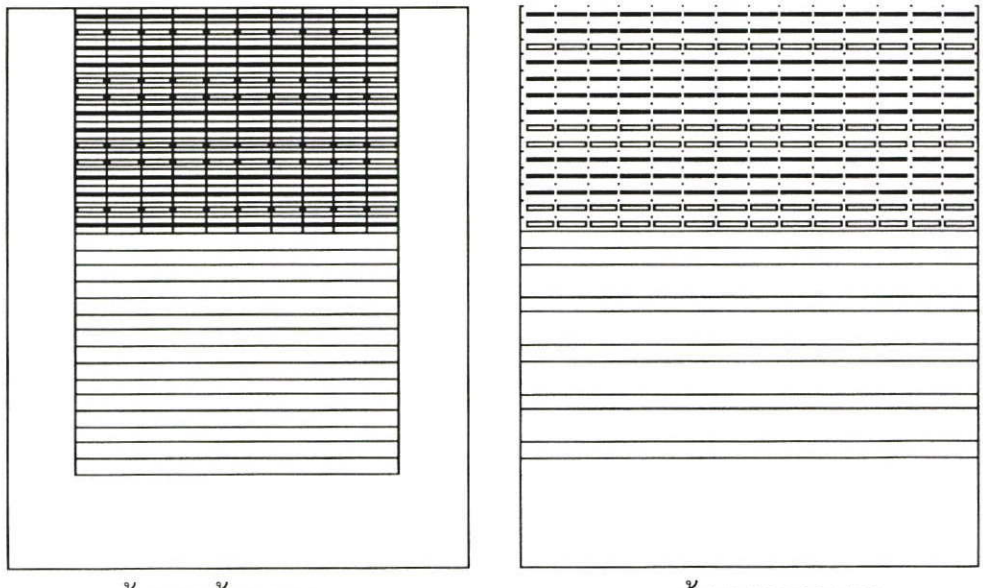
บทที่ 5
บทสรุป

บทนี้เป็นการกล่าวถึงการสรุปผลการวิจัยที่ได้ทำการวิเคราะห์ในบทที่ผ่านมาในเรื่องของการระบายอากาศแบบธรรมชาติภายในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้เครื่องจำลองการไหลของของไหล (Flow Visualization) เพื่อศึกษาทิศทางการไหลเวียนของกระแสลม และการใช้เครื่องวัดอัตราเร็วลม ร่วมกับ อุโมงค์ลม (Wind Tunnel) เพื่อศึกษาถึงอัตราเร็วลมภายในหุ่นจำลองโรงงาน

5.1 บทสรุป

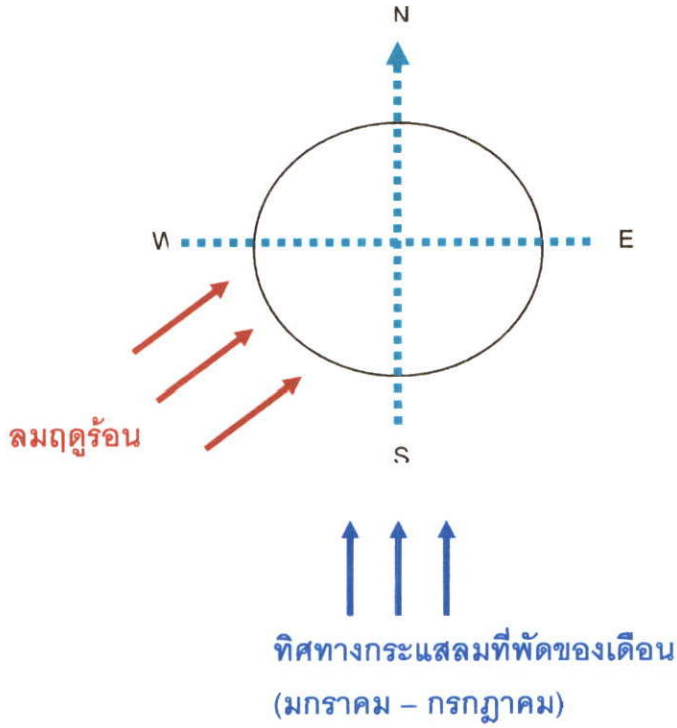
จากการวิจัยของการเพิ่มประสิทธิภาพระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตนอตจะสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 ลักษณะการเปิดของช่องเปิด ซึ่งด้านที่รับลมเข้าควรเปิดให้มีความกว้างเล็กกว่าด้านช่องเปิดให้ลมออกเพื่อให้เกิดการเหนี่ยวนำกระแสลมและความต่างของความกดอากาศระหว่างช่องทางเข้าและช่องทางออก ทำให้กระแสลมเข้าภายในอาคารได้มากที่สุด และนำกระแสลมออกภายนอกอาคารได้อย่างเร็วที่สุด ซึ่งลักษณะนี้จะสามารถทำให้ลมนั้นสามารถเข้า และ ออกได้อย่างมาก นอกจากนี้การที่เปิดด้านหน้าแคบเป็นช่องระบายอากาศที่กว้างเต็มผนังนั้นก็เนื่องมาจากเกิดจากการเหนี่ยวนำของกระแสอากาศที่เกิดจากแรงดันอากาศที่ไม่เท่ากัน

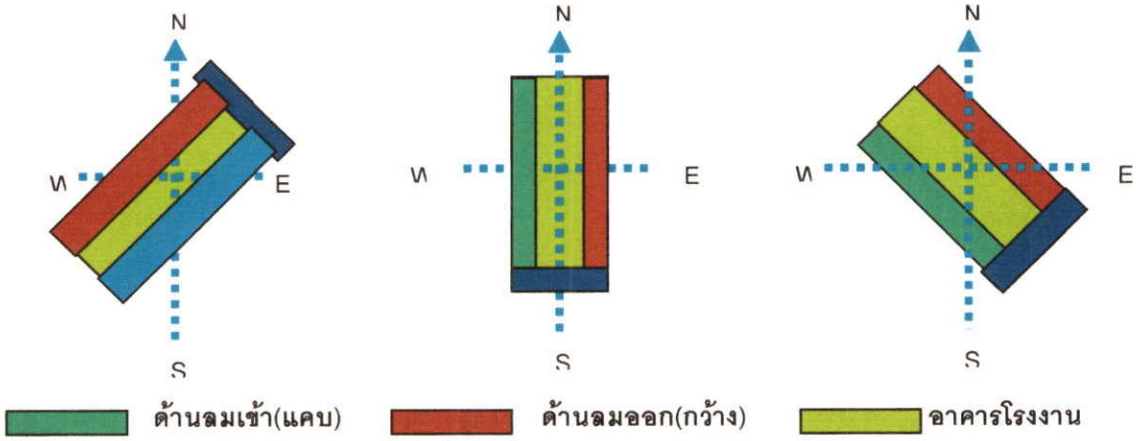


ภาพที่ 5.1 ลักษณะผนังที่เปิดให้กระแสลมเข้า และกระแสลมออกของแบบจำลองที่ 3

5.1.2 ทิศทางการวางหุ่นจำลองกับอุโมงลม ทิศทางการวางหุ่นจำลองกับอุโมงลมใช้ 3 ทิศทาง โดยหันหน้าอาคารทางเข้าทั้ง 3 ทิศทาง ดังนี้คือ ทางทิศใต้ (กระแสลมเข้าทางทิศตะวันตกเฉียงใต้) ทิศตะวันออกวันออกเฉียงเหนือ(กระแสลมเข้าทางทิศตะวันออกเฉียงใต้) และ ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (กระแสลมเข้าทางทิศใต้) เนื่องจาก ประเทศไทยมีทิศทางลมที่พัดมาจากทางใต้มากที่สุด คือ เดือน มกราคม จนถึงเดือนกรกฎาคม (ตารางที่ 2.3) นอกจากนี้ลมฤดูร้อนนั้นจะพัดจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้อาคารต้องเปิดรับกระแสลมเข้าทางด้านทิศที่กล่าวถึง (ภาพที่ 5.2) ทิศทางการหันอาคารเน้นเอาด้านที่กระแสลมเข้าแคบ และ ด้านกระแสลมออกกว้าง (ภาพที่ 5.3)

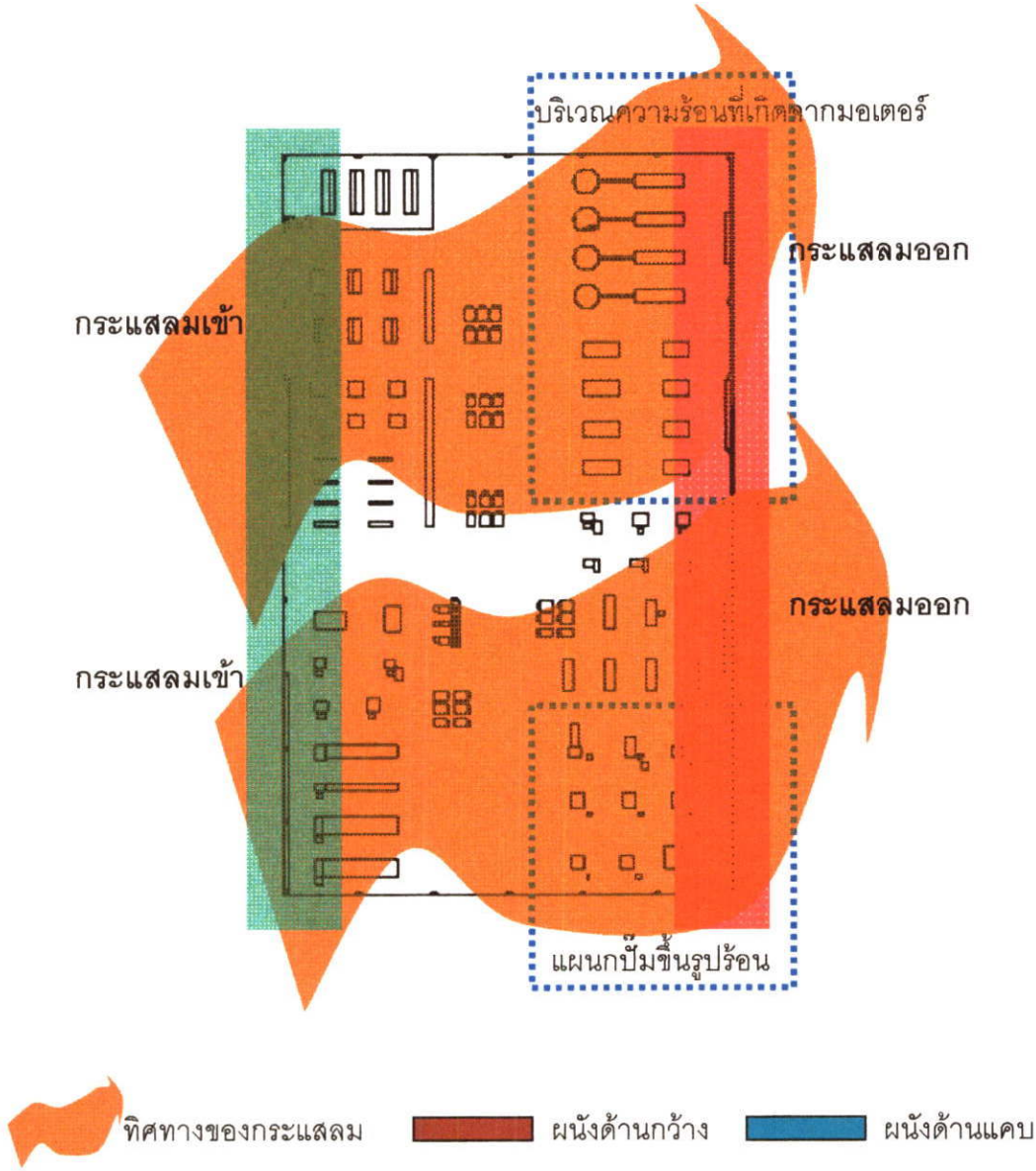


ภาพที่ 5.2 ทิศทางของกระแสลมที่พัดเข้าสู่อาคาร

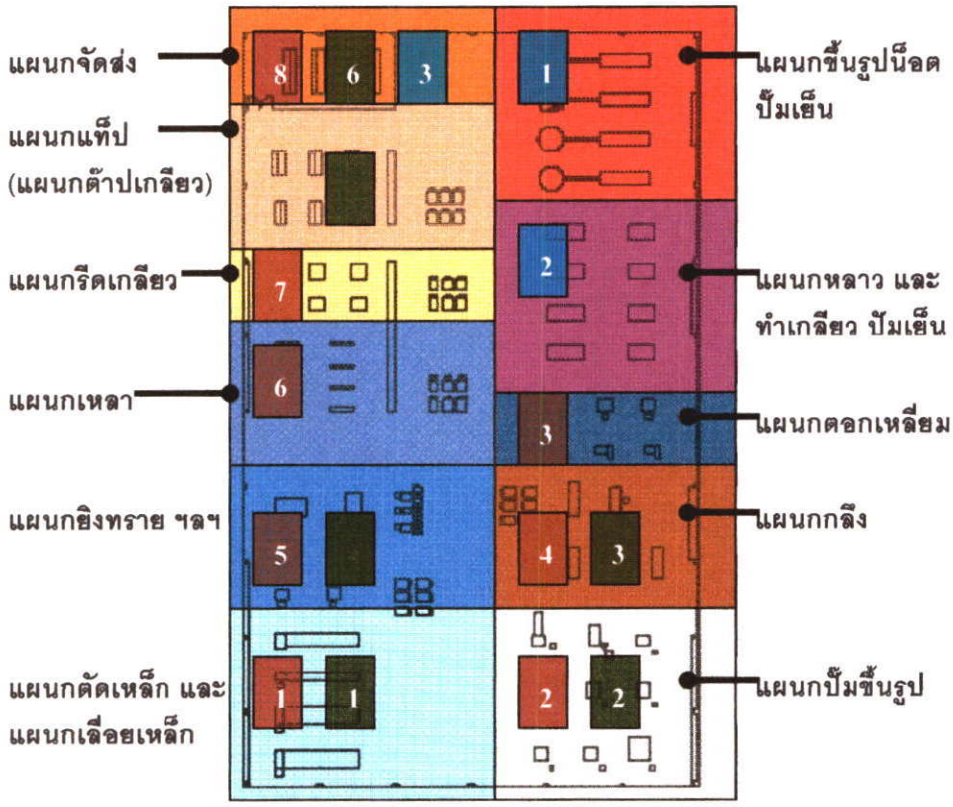


ภาพที่ 5.3 แสดงด้านที่มีกระแสลมเข้า และ กระแสลมออก

5.1.3 การจัดวางผังของเครื่องจักร มีส่วนที่เกี่ยวข้องกับการไหลของกระแสลมเข้า และออกได้โดยให้กระแสลมเข้าเป็นการวางเครื่องจักรส่วนที่ไม่ใช้ความร้อน(ผนังด้านแคบ) และกระแสลมออกเป็นการวางเครื่องจักรของส่วนที่ใช้ความร้อน (ด้านผนังด้านกว้าง) ดังนั้น จากการศึกษาถึงขบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมสกรูนอต (โรงงานที่มีการใช้ปั๊มร้อนนั้นในการขึ้นรูปของนอต) จะได้ว่า ควรที่จะให้แผนกปั๊มขึ้นรูปที่ใช้ความร้อนนั้นอยู่ด้านทางออกของลม (ภาพที่ 5.5) เพื่อให้กระแสลมที่เข้านั้นสามารถพัดเอาความร้อนออกโดยไม่ผ่านบริเวณอื่นๆ เพื่อไม่ทำให้เกิดความร้อนในบริเวณอื่นได้ แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงขบวนการผลิตของแต่ละงาน ซึ่งต้องมีการศึกษาก่อนที่มีการกำหนดวางเครื่องจักรได้ (ภาพที่ 5.4)



ภาพที่ 5.4 แสดงด้านที่มีช่องกระแสลมเข้า และช่องกระแสลมออก



ภาพที่ 5.5 แสดงขบวนการผลิตสกรูนอต

สัญลักษณ์

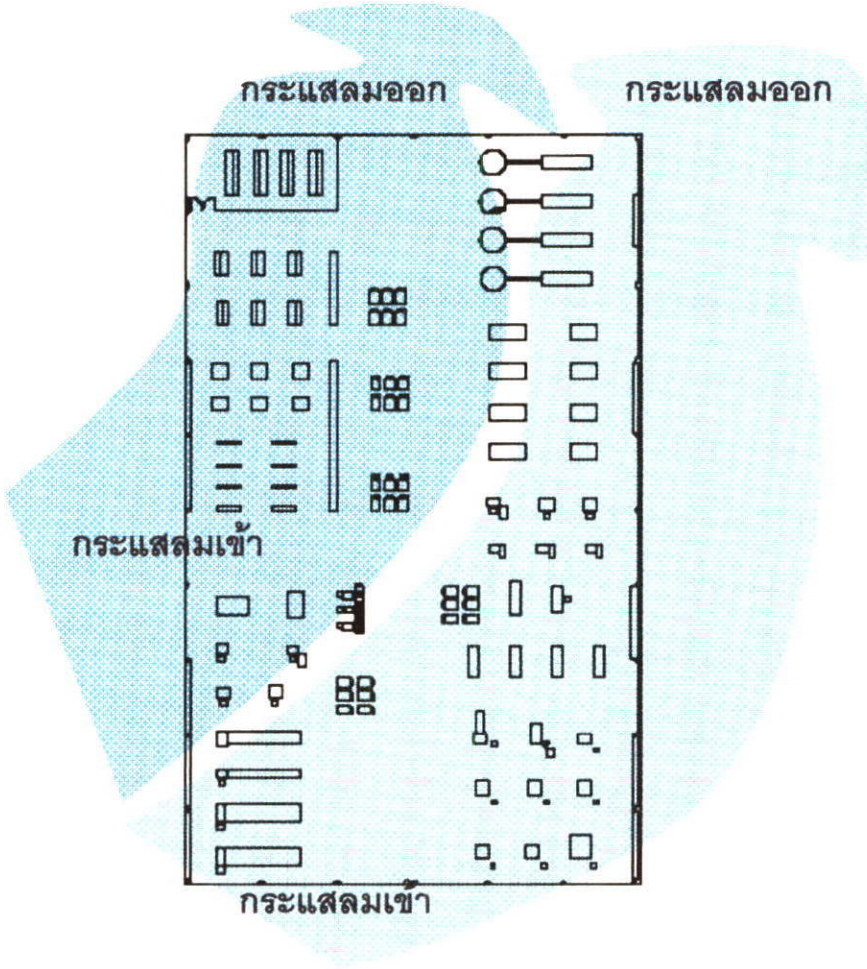
= ขบวนการผลิตแบบใช้ขบวนการปั๊มร้อนในการผลิต **ตัวน็อต**

= ขบวนการผลิตแบบใช้ขบวนการปั๊มร้อนในการผลิต **หัวน็อต**

= ขบวนการผลิตแบบใช้ขบวนการปั๊มเย็นในการผลิต **ตัวน็อต**

5.1.4 ทิศทางหันของตัวอาคาร จากการศึกษาถึงการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ควรหันทิศทางตัวอาคารในลักษณะทิศทางของกระแสลมและควรทำมุมกับทิศทางของช่องเปิด โดยตัวอาคารจะทำให้ทิศทางของกระแสลมเกิดความหักเห หรือเบี่ยงเบนในการเข้าสู่ภายในอาคาร นอกจากนี้อาคารโรงงานควรใช้ส่วนผนังด้านที่มีความยาวที่สุดมาเป็นตัวรับกระแสลมเข้า และออกด้วยกระแสลมจะผ่านตัวอาคารในระยะทางสั้นที่สุดเพื่อเป็นการนำความร้อนออกได้อย่างรวดเร็ว และเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งความร้อนนั้นจะผ่านไปยังแผนกต่างๆได้น้อยที่สุด นอกจากนี้ผนังที่รับทิศทางของกระแสลมเข้านั้นควรเปิดช่องระบายอากาศให้แคบกว่าทิศทางที่กระแสลมนั้นออกเนื่องจากเป็นการดูดอากาศเข้ามาภายในของตัวอาคารได้ และผนังให้อากาศที่เสีย

นั้นออกไป ดังนั้นจากการทดลองนั้นสามารถบอกได้ว่าทิศทางการหันของตัวอาคารควรหันทิศทางทางลมเข้า(ด้านแคบของอาคาร) ทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ ทิศใต้ และ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือของหุ่นจำลองที่ 1 โดยจะมีอัตราเร็วจลมเฉลี่ยอยู่ที่ 0.23 เมตร/วินาที โดยด้านอาคารที่หันรับลมนั้นเป็นกระแสลมที่พัดจากฤดูร้อน ซึ่งลมฤดูร้อนนั้นเกิดจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ ดังนั้นกระแสลมดังกล่าวนี้สามารถนำความร้อนออกได้กับหุ่นจำลองที่ 1 ได้ดีที่สุด

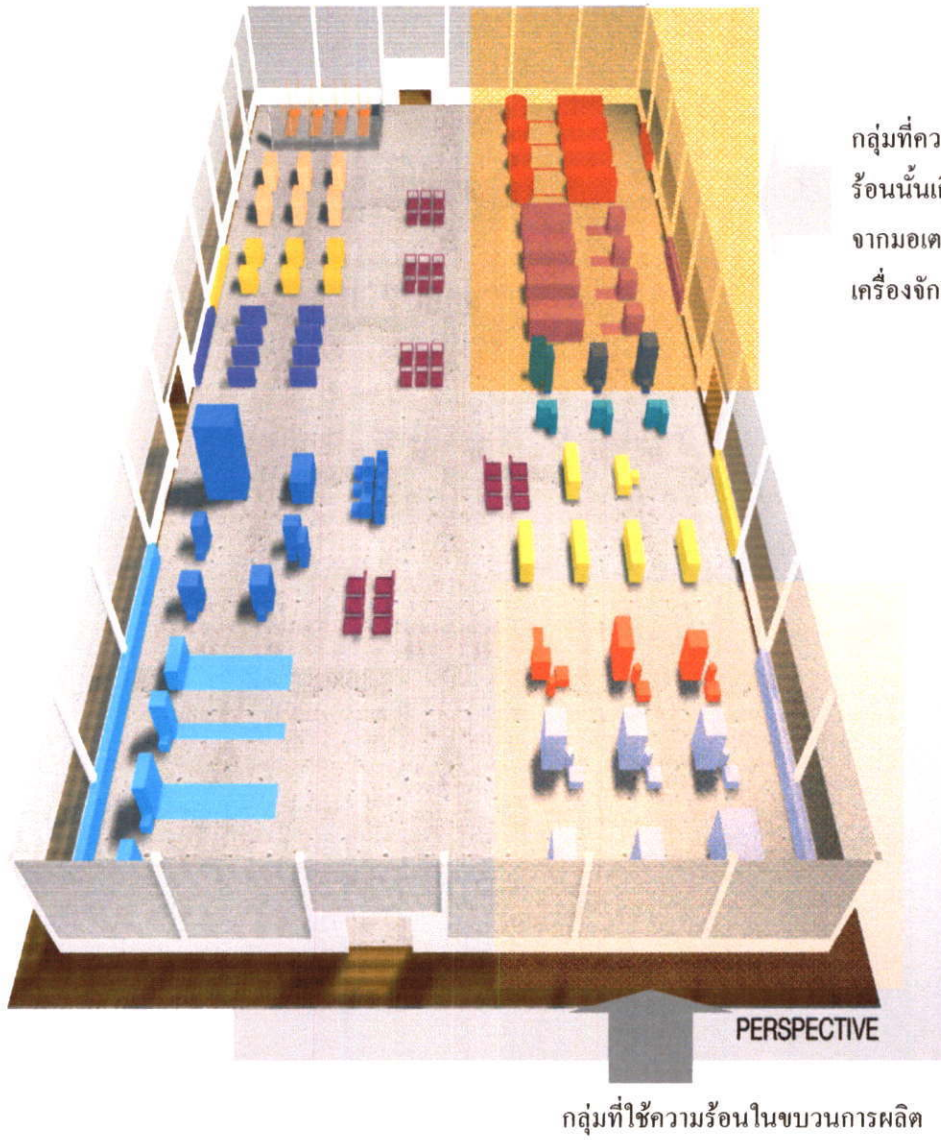


ภาพที่ 5.6 แสดงทิศทางกระแสลมเข้าซึ่งทำมุมกับอาคาร

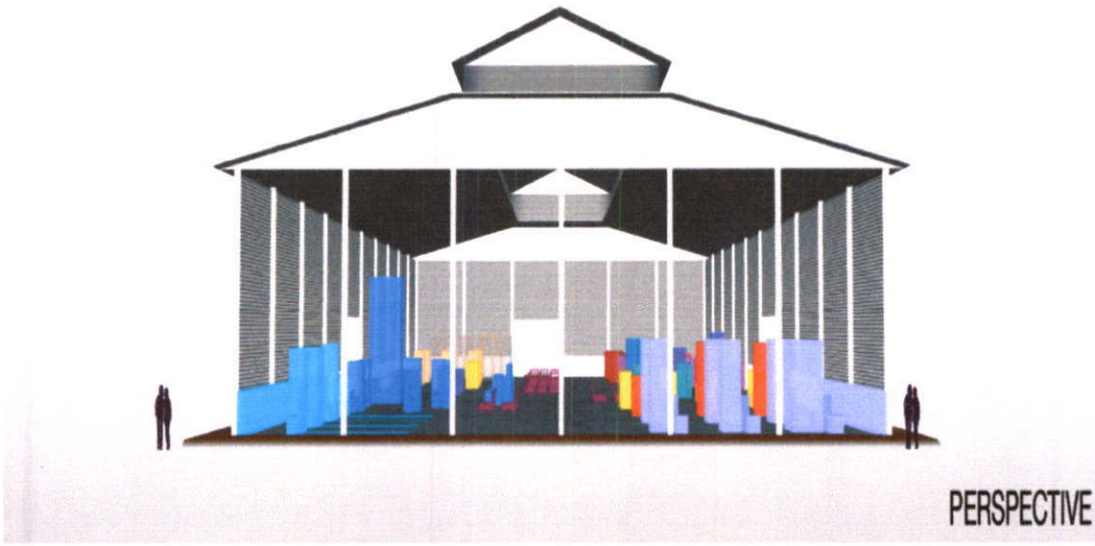
5.1.5 ลักษณะรูปแบบการใช้วัสดุ จากการทดลองมีการใช้ 2 รูปแบบในการทดลอง คือ เกล็ดกระเบื้อง (Louver) และ บล็อกช่องลม เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาง่าย และ มีขายตามท้องตลาดทั่วไป ทำให้ราคาไม่สูงมากนัก ดังนั้นทำให้เกิดผลสรุปเป็น 2 ประเด็นที่ว่า

5.1.5.1 การใช้แบบเกล็ดกระเบื้องทั้งหมดของตัวอาคารจะเกิดอัตราเร็วลมเฉลี่ยของทั้ง 3 ทิศ คือ 0.23m/sec (กราฟที่4.2) โดยการใช้วัสดุเกล็ดกระเบื้องทั้งอาคารนี้สามารถหันได้กับทิศใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงใต้ กับกระแสลมเข้า และ ออก นอกจากนี้

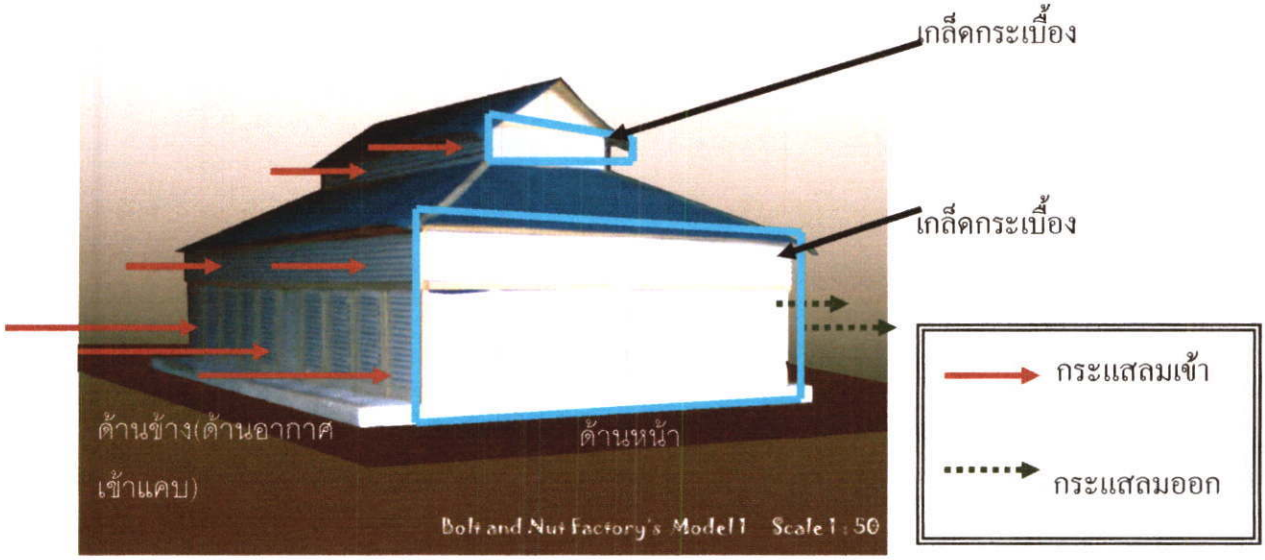
อาคารควรวางเฉียงกับกระแสลมเข้า (ภาพที่ 4.29) เป็นรูปแบบที่เกิดการระบายความร้อนออกได้ดีที่สุดกับทั้ง 3 ทิศทางดังที่กล่าวมาข้างต้น



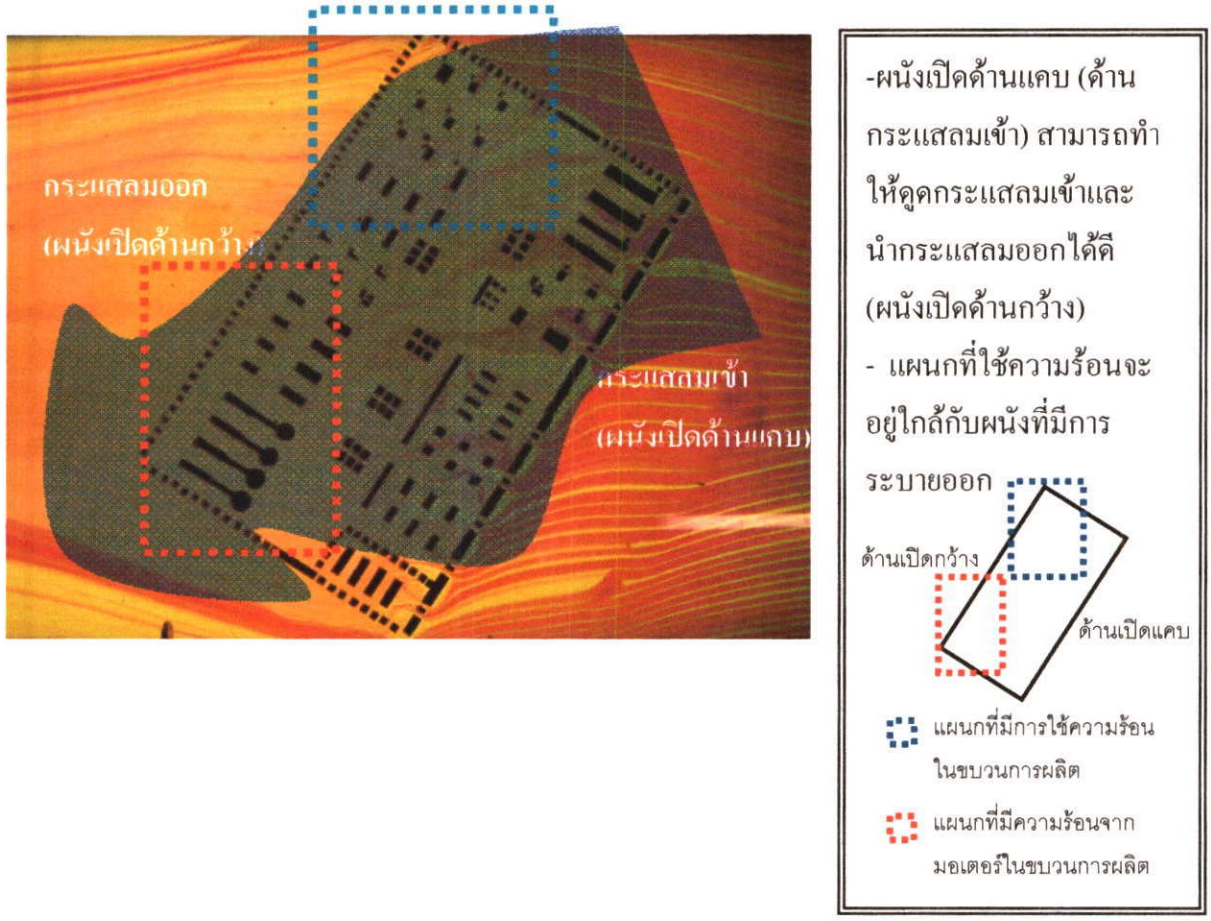
ภาพที่ 5.7 แสดงการวางแปลนของขบวนการผลิตของหุ่นจำลองที่ 1



ภาพที่ 5.8 แสดงภาพตัดของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

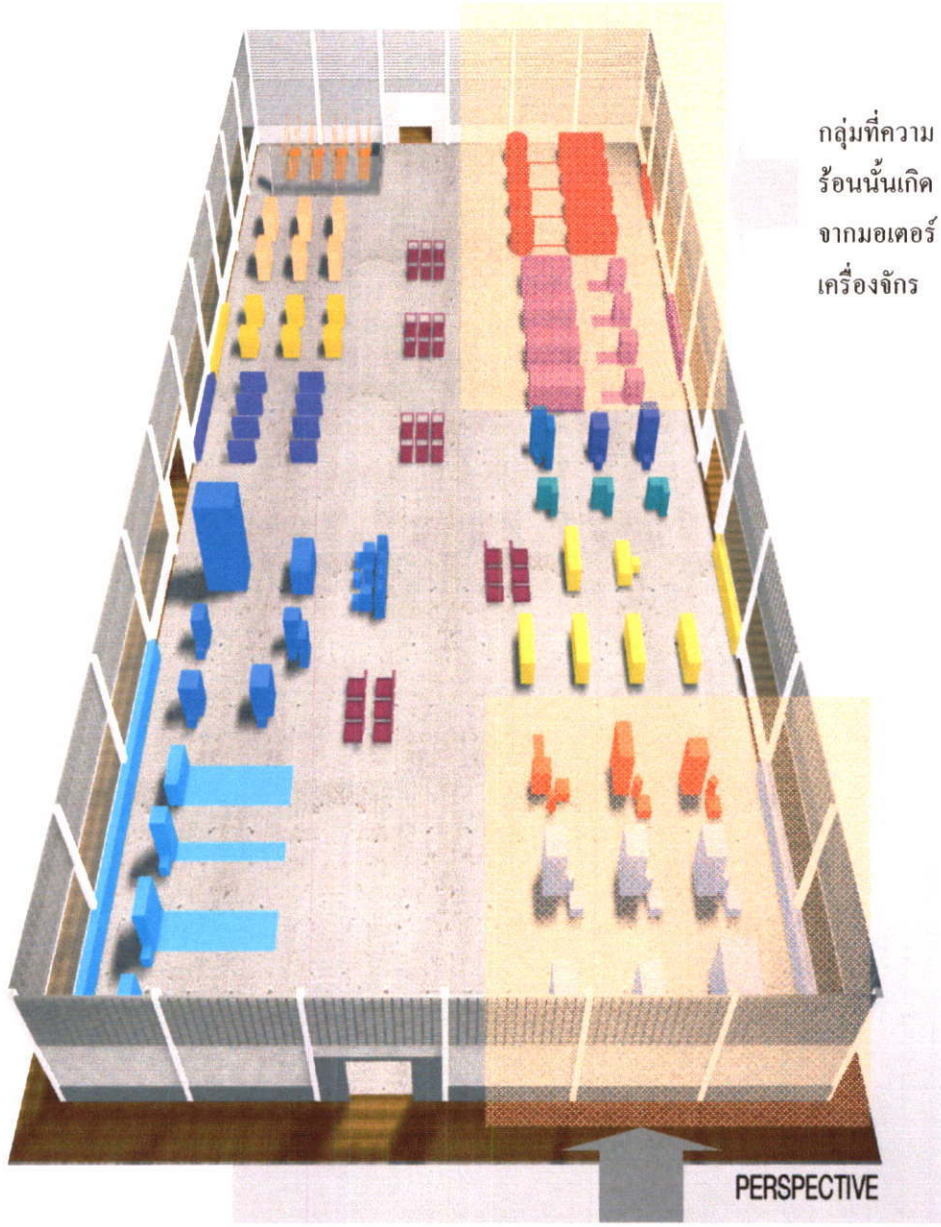


ภาพที่ 5.9 หุ่นจำลองที่ 1 วัสดุ คือเกล็ดกระเบื้อง ทั้งอาคาร

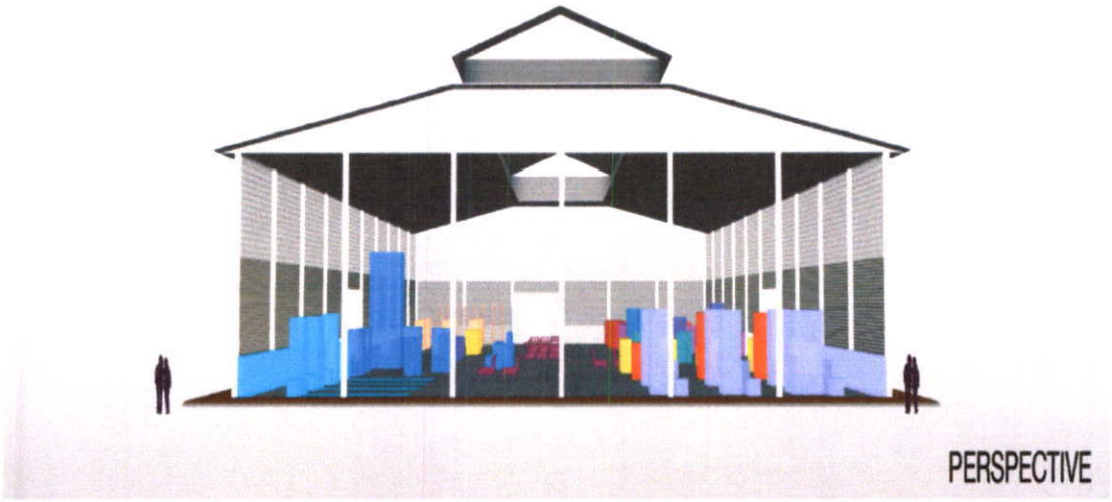


ภาพที่ 5.10 แบบแปลนที่แสดงถึงการไหลของกระแสลมเข้า และ ออกได้ดี

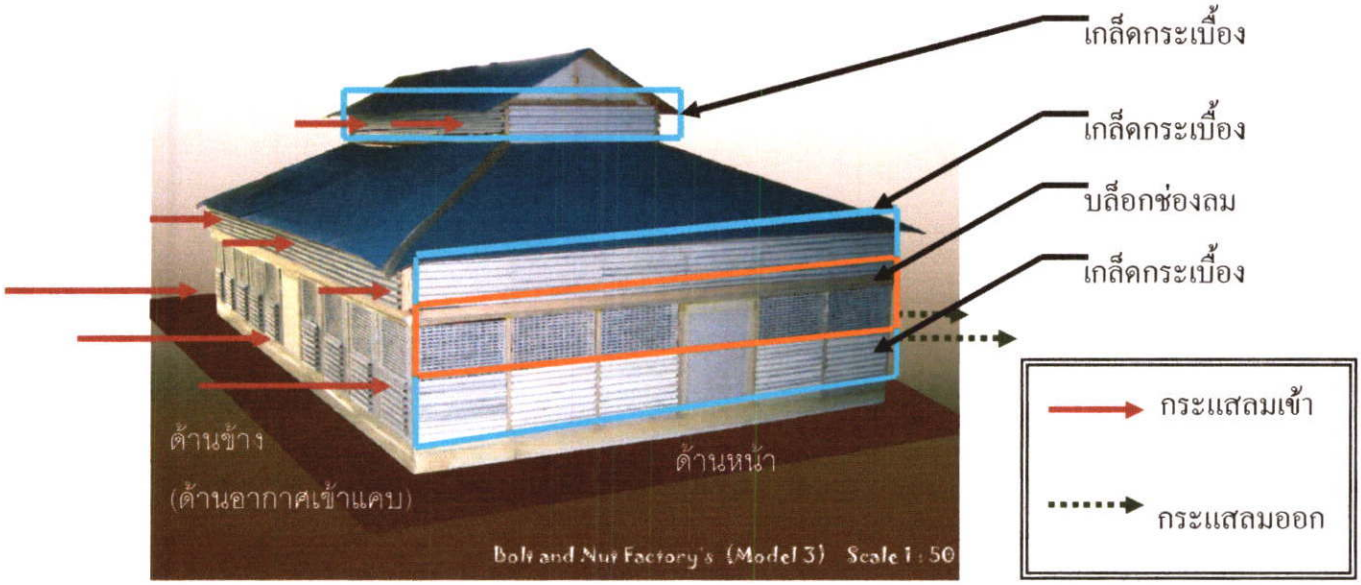
5.1.5.2 การใช้วัสดุแบบผสมผสานระหว่างเกล็ดกระเบื้อง และ บล็อกช่องลมชนิดลิ้นคู่ จากการทดลองนั้นอาคารรูปแบบนี้มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ที่0.23 เมตร/วินาที ถึงแม้ว่าจะมีอัตราเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับหุ่นจำลองแบบที่ 1 แต่ต้องมีทิศทางการหันอาคารเพียงเพฉาะทางทิศใต้เท่านั้น โดยกระแสลมสามารถเข้าได้ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้โดยจะมีอัตราเร็วลมอยู่ที่ 0.38 เมตรต่อวินาทีซึ่งจะได้ประสิทธิภาพของกระแสลมเข้า และ กระแสลมออกได้ดีที่สุด



ภาพที่ 5.11 แบบแปลนที่แสดงการจัดวางแปลนของหุ่นจำลองที่ 3



ภาพที่ 5.12 แสดงภาพตัดของโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ของหุ่นจำลองที่ 3



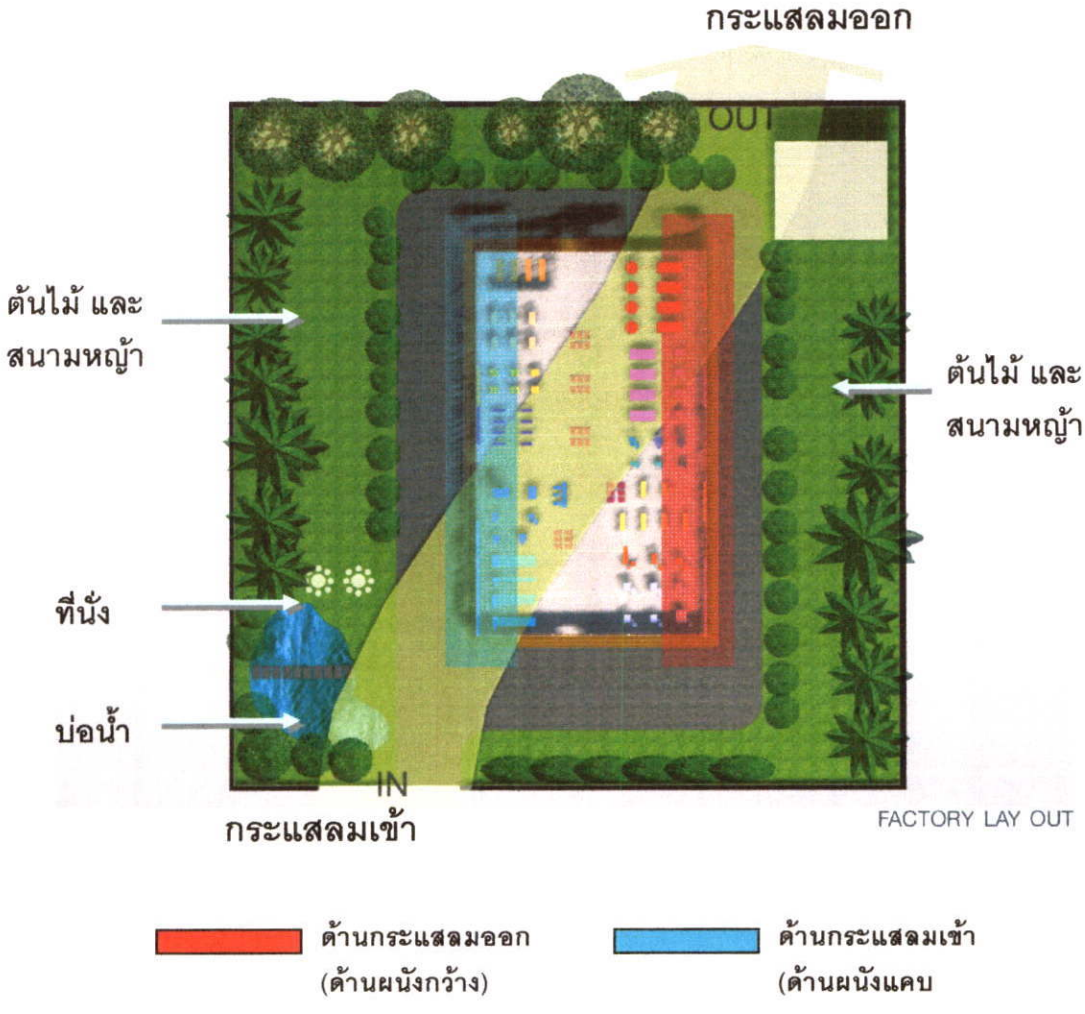
ภาพที่ 5.13 หุ่นจำลองที่ 3 วัสดุ คือการใช้วัสดุเกล็ดกระเบื้อง ผสมผสานกับบล็อกช่องลมชนิดลิ้นคู่

5.2 สรุปผลการทดลอง

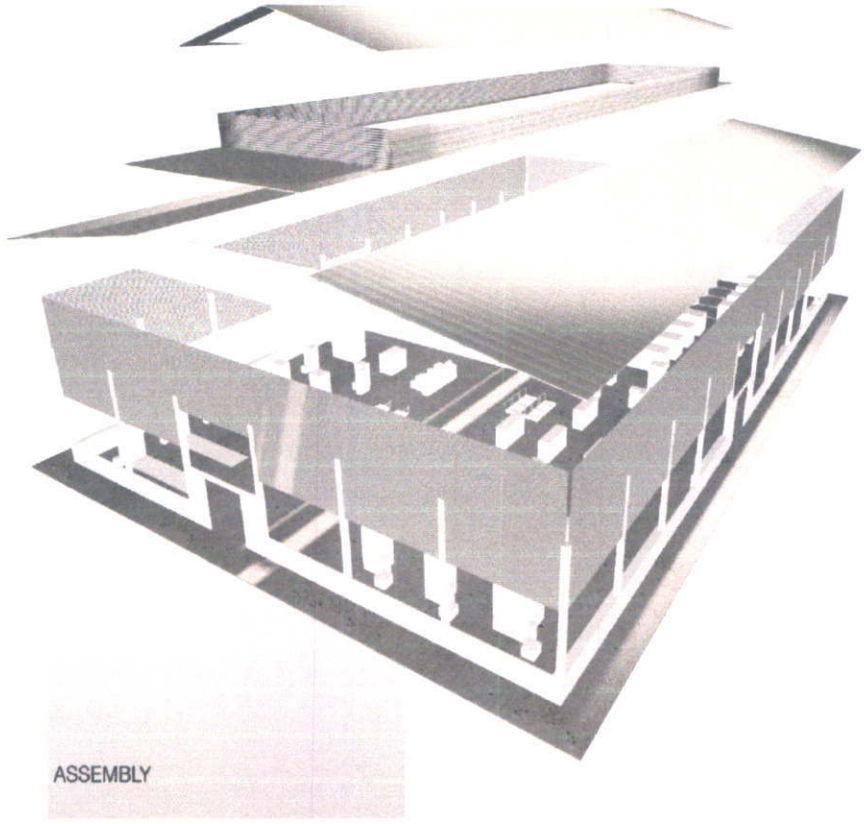
ดังนั้นจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า จากการทำรูปแบบจำลองของการระบายอากาศของอาคารโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ที่มีขนาด 35X60 เมตร อัตราเร็วเฉลี่ย คือ 0.20-0.25 เมตรต่อวินาที ความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยช่วงบ่าย 78.75% และอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 30-33 องศาเซลเซียส โดยเป็นการวัดช่วงเดือน กันยายน 2548 โดยขณะนั้นโดยเฉลี่ยจะมีฝนตกทั้งวัน การออกแบบโดยรวมจะเป็นการออกแบบที่มีช่องระบายอากาศไม่เท่ากัน คือ การนำกระแสลมเข้าจะเปิดช่องระบายอากาศแคบกว่าการนำกระแสลมออก เพราะจะทำให้เกิดความกดอากาศของช่องระบายอากาศมากทำให้เกิดกระแสอากาศไหลเข้าสู่ภายในปริมาณที่มาก นอกจากนี้ยังเป็นการดึงกระแสลมเข้ามาภายในโรงงานอุตสาหกรรมถึงแม้ว่าจะอยู่ในสภาวะที่ไม่มีการถ่ายเทอากาศ (Thermo Siphoning) (ผศ.กฤษฎา อินทรสถิตย์. 2545 : 12) แต่สามารถระบายความร้อนออกได้ เนื่องมาจาก อากาศร้อนมีมวลเบากว่าอากาศเย็นทำให้ อากาศเย็นไหลเข้าแทนที่อากาศร้อนเกิดการสร้างเป็นชั้นของอากาศที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันขึ้นทำให้เกิดการนำความร้อนออกได้ การเปิดช่องลมเป็นการเปิดเพื่อให้กระแสลมพัดผ่านภายใน (ภาพที่ 4.65) แต่ต้องขึ้นอยู่กับการวางขบวนการผลิตภายในโรงงานอุตสาหกรรม โดยที่ใช้แผนกที่ต้องใช้ความร้อนในขบวนการผลิตอยู่ใกล้กับทางออกของกระแสลมออกมากที่สุด เพราะ กระแสลมที่ร้อนจะสามารถระบายออกได้อย่างรวดเร็ว และ กระแสลมร้อนนั่นจะไม่พัดพาเอาความร้อนไปยังแผนกต่างๆ ได้ หรือพัดผ่านได้แต่น้อย

ทิศทางการหันของอาคาร และวัสดุที่ใช้นั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการนำกระแสลมเข้า และกระแสลมออกได้ จากการทดลองพบว่า การใช้เกล็ดกระเบื้องทั้งอาคารนั้นจะนำกระแสลมเย็นเข้าและ กระแสลมร้อนออกได้ดี รวมทั้งอาคารนั้นสามารถหันได้เพียง 3 ทิศทาง คือ ทิศใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยจะมีความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ที่ 0.23 เมตร ต่อวินาทีดังกราฟที่ 4.2 และอัตราเร็วลมของแต่ละทิศที่ทำการทดลองนั้นเป็นอัตราเร็วที่สูงและคงที่กับทั้ง 3 ทิศทาง แต่ รูปแบบจำลองที่ 3 คือ การใช้วัสดุที่ผสมผสานระหว่างเกล็ดกระเบื้อง และบล็อกช่องลมชนิดลิ้นคู่ โดยเมื่อนำหุ่นจำลองนี้หันไปทางทิศใต้จะสามารถให้กระแสลมที่พัด (ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้)อากาศเย็นเข้า และ กระแสลมร้อนออกได้มากที่สุด ดังกราฟที่ 4.1 แต่ต้องหันเฉพาะทิศใต้เท่านั้น แต่จากการทดลองจะเห็นได้ว่าอัตราเร็วลมของทิศทางอาคารทั้ง 2 คือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และ ทิศตะวันออกเฉียงใต้นั้นมีอัตราเร็วลมที่ต่ำที่สุด คือ 0.14 เมตร/ วินาที และ 0.16 เมตร/วินาที ตามลำดับซึ่งการหันทั้ง 2 ทิศทางนั้นจะทำให้กระแสลมไหลเข้า และ กระแสลมไหลออกได้ไม่ดี ดังนั้นสรุปได้ว่า หุ่นจำลองที่ 1 นั้นสามารถนำไปใช้ได้กับทั้ง 3 ทิศทาง และยังให้กระแสลมเย็นเข้า และ กระแสลมร้อนออกได้ดีที่สุด โดยอาคารหันทางทิศใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยกระแสลมเข้าทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันออกเฉียงใต้ และ ทิศใต้ ตามลำดับ

นอกจากนี้สภาพแวดล้อมในการตั้งโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อดึงกระแสลมเย็นเข้ามานั้น ควรมีสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น รอบนอกควรมีต้นไม้ เพื่อความร่มเงา รวมทั้งเป็นที่บังแสงแดด เพื่อการหักเหของแสงแดด และป้องกันไม่ให้แสงแดดเข้าอย่างเต็มที่ รวมทั้งก่อให้เกิดความร้อนภายในได้ แต่ทั้งนี้จะต้องไม่บังลมจึงควรใช้ต้นไม้ที่ในช่วงลำต้นสูงโปร่งเพื่อกระแสลมจะได้พัดผ่านเข้าสู่ตัวอาคารได้ ดังนั้นองค์ประกอบภายนอกนั้นเป็นส่วนสำคัญที่สามารถลดอุณหภูมิความร้อนภายในได้ และ เป็นตัวที่สามารถนำกระแสลมเย็นเข้าภายในโรงงานอุตสาหกรรมได้ ดังจะเห็นได้ดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 5.14)



ภาพที่ 5.14 แปลน และ ทิศทางของลมภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์



ภาพที่ 5.15 ASSEMBLY ของอาคารโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์

ภาพที่ 5.16 รูปทัศนียภาพของหุ่นจำลองที่ 1 และ หุ่นจำลองที่ 3

5.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยถึงการระบายอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเป็นการลดต้นทุนและเป็นการประหยัดพลังงานในการใช้เข้าช่วยในการระบายอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้นซึ่งเป็นการศึกษาลมที่เกิดจากลมตะวันตกเฉียงใต้ เป็นลมที่เกิดในช่วงฤดูร้อนรวมทั้งกระแสลมที่พัดทางทิศใต้ และ ทิศตะวันตกเฉียงใต้เท่านั้น เพราะ เป็นด้านที่อาคารนำกระแสลมเข้า (ด้านแคบ)และนำอากาศออก(ด้านกว้าง)ตามทฤษฎีที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว แต่ถ้ากระแสลมธรรมชาตินั้นไม่สามารถพัดพาเอาความร้อนที่เกิดภายในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นออกไปหมด ควรที่จะใช้ลูกหมุน (Natural Ventulation Fan) เข้าช่วยระบายอากาศเพื่อดึงความร้อนออก ซึ่งขนาดของลูกหมุนนั้นขึ้นอยู่กับการคำนวณของพื้นที่ที่ใช้ภายในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นๆ

ดังนั้นในการศึกษาต่อไปควรที่ศึกษาขนาดของลูกหมุนที่ติดระบายอากาศเพื่อดึงความร้อนนั้นออกในช่วงฤดูร้อน หรือช่วงที่เกิดความร้อนสะสมภายในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างมากรวมทั้งทดสอบ และ ออกแบบเกี่ยวกับค่าความเข้มของแสงที่ไม่รบกวนพนักงานต่อการทำงานซึ่งแสงแดดนั้นก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ภายในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นเกิดความร้อนได้ และยังควรที่จะศึกษาถึงการลดปริมาณเสียงที่เกิดขึ้นกับการผลิตภายในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อไม่ให้เกิดความผิดปกติของหูขณะทำงานในที่มีเสียงดังมาก เช่น หูดึง ประสาทเสีย เป็นต้น หรือ การศึกษาการจัดพืชพันธุ์ และการจัดวางสวนภายนอกโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น นอกจากนี้การศึกษานั้นยังส่งผลเพื่อให้ได้อีกทางหนึ่งซึ่ง ณ สภาวะตอนนี้เองประเทศไทยนั้นได้รณรงค์ถึงการประหยัดพลังงานซึ่งประเทศไทยนั้นยังมีส่วนของอุตสาหกรรมสูงมากดังนั้นถ้าสามารถวิจัยและช่วยทำการพัฒนาในอุตสาหกรรมนั้น ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถช่วยให้ชาติในการประหยัดพลังงานได้อีกทางหนึ่ง

บรรณานุกรม

กฤษฎา อินทรสถิตย์. 2544. **"การปรับสภาพอากาศระบบธรรมชาติเพื่อความสบาย"** หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมภายใน, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กฤษฎา อินทรสถิตย์. 2544. **สภาวะความสบายเชิงความร้อน.** กรุงเทพฯ : อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

ชนินทร์ ทิพโยภาส. 2543. "ความเข้าใจ สภาวะอากาศ อาคาร มนุษย์ และแนวทางการออกแบบอาคารให้สบาย." คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ตรึงใจ บูนณสมภพ. 2539. **การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน.** กรุงเทพฯ : อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

ธนัญชัย สภัสดีปรอท. **"การระบายอากาศจากความต้องการจริงเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ"** เทคนิคเครื่องกลไฟฟ้าอุตสาหการ. ปีที่17, ฉบับที่ 194, มีนาคม 2544. 115-118.

นรมิตร ลีวธนมงคล. 2538. **รวมข้อมูลก่อสร้าง (Practical Table and Data for Building Construction).** (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ

นุภาพ แย้มไตรพัตน์. 1991. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พงค์พัน วรสุนทโรสถ. 2514. **วัสดุการก่อสร้าง.** พิมพ์ครั้งที่ 1.

พระราชบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่องการควบคุมอาคาร. พ.ศ.2544. โดยคณะกรรมการจัดทำคู่มือประกอบการใช้ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร.

มาลินี ศรีสุวรรณ. 2543. **"การศึกษาความสัมพันธ์ทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคาร สำหรับอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย"** คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

มาลินี ศรีสุวรรณ. 2546. **"แนวทางการศึกษาเรื่องการระบายอากาศกรณีศึกษาโครงการมหาวิทยาลัยเขียวสะอาด มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตเพชรบุรี"** คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สมเกียรติ จตุรงค์ล้ำเลิศ. 2546. "ผลของช่องเปิดอากาศโรงงานที่มีต่อค่าความสบายโดยการถ่ายเทอากาศแบบธรรมชาติ." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมศักดิ์ ตรีสัตย์. 2540. **การออกแบบและการวางผังโรงงาน.** พิมพ์ครั้งที่ 14. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. พ.ศ.2540.

สถิติอุตสาหกรรม (www.diw.go.th)

สุวิภาดา บุรพกรณ์. 2547. "การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศสำหรับอาคารพักอาศัย" วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมภายใน, สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุนทร บุญญาธิการ. 2542. **เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า.** กรุงเทพฯ : สำนักงานพิมพ์จุฬา.

หลวงวิธานยานตรกรรม. 2514. **พจนานุกรมช่าง.** พิมพ์ครั้งที่ 4 . กรุงเทพฯ : แพร่พิทยา.

หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมภายใน, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Givoni, B. 1996. **"Man climate and architect."** New York : Van Nostrand Reinhold.

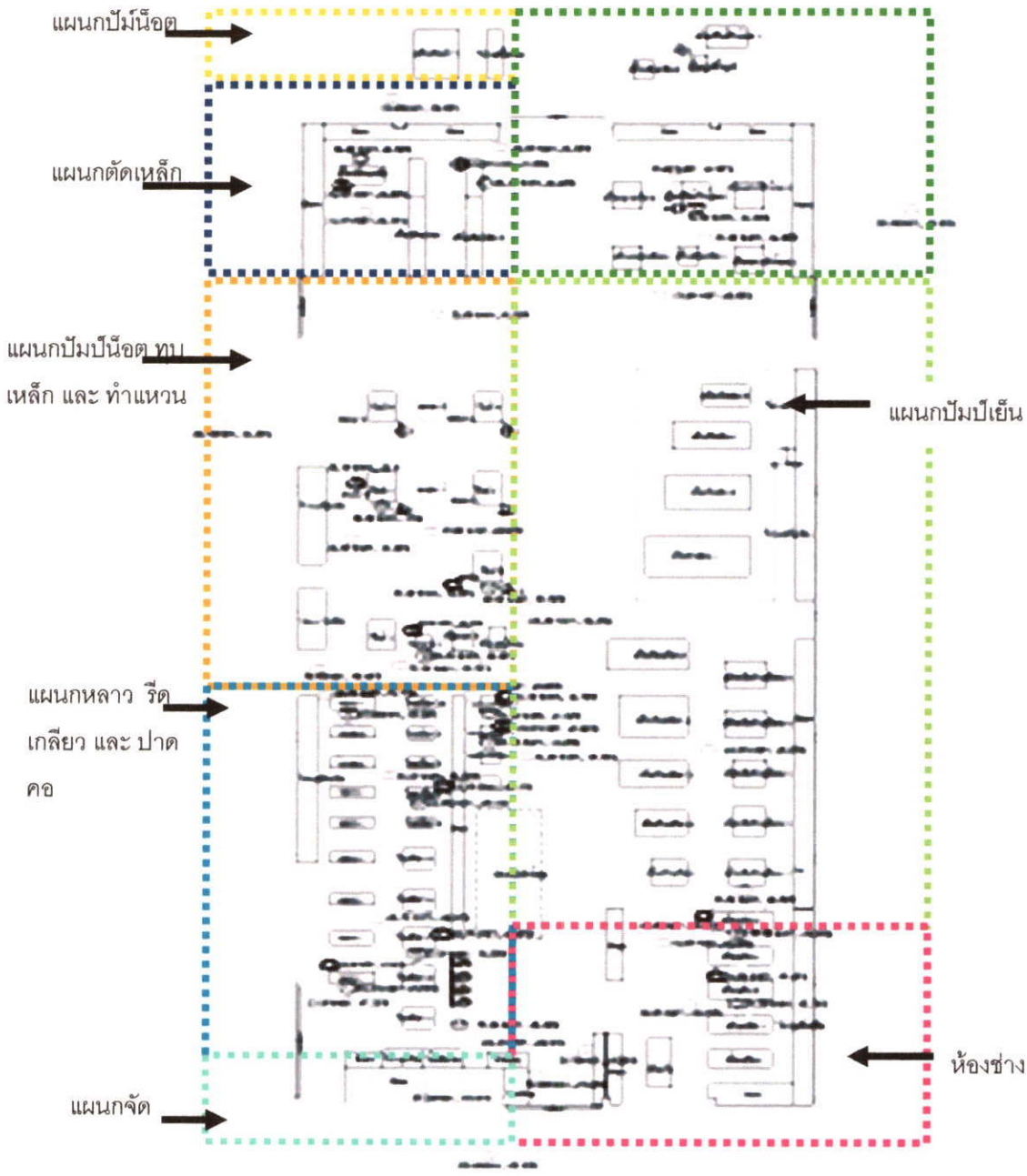
Givoni, B. 1998. **"Climate considerations in building and urban design."** New York : Van Nostrand Reinhold.

Givoni, B. 1994. **"Passive and Low Energy Cooling of Building."** New York : Van Nostrand Reinhold.

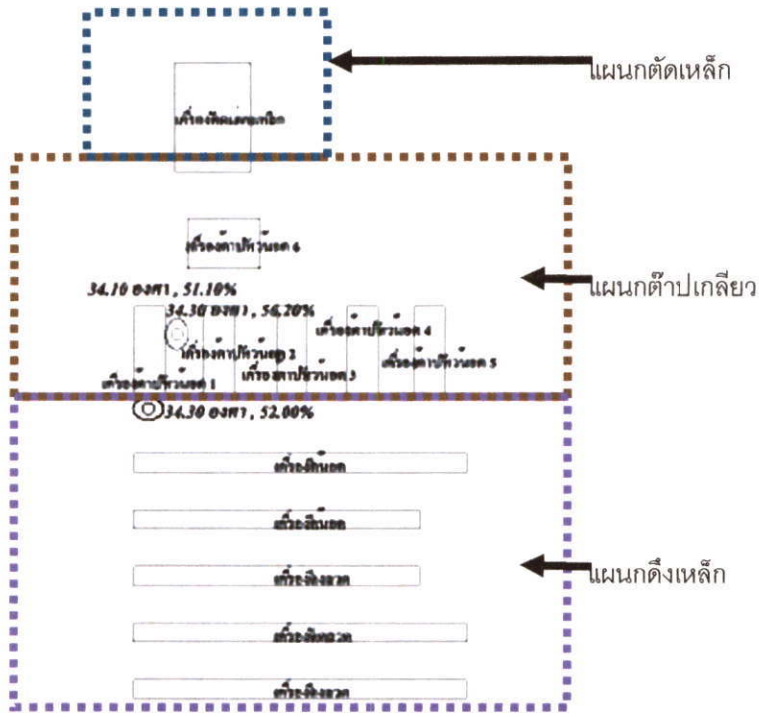
Lechner, N. 1991. **"Heating Cooling Lighting Design Methods for Architects."** New York : John Wiley.

ภาคผนวก

ผล และการทดลองก่อนทำรูปแบบจำลอง ซึ่งวัดค่าตามจุดต่างๆของขบวนการผลิตสกรูนอตภายในโรงงานอุตสาหกรรม



ภาพที่ ก1 แสดงแปลนรวมส่วนที่มีขบวนการผลิต



ภาพที่ ก2 ส่วนแผนกต๊าปเกลียวน็อต และ ดึงเหล็ก

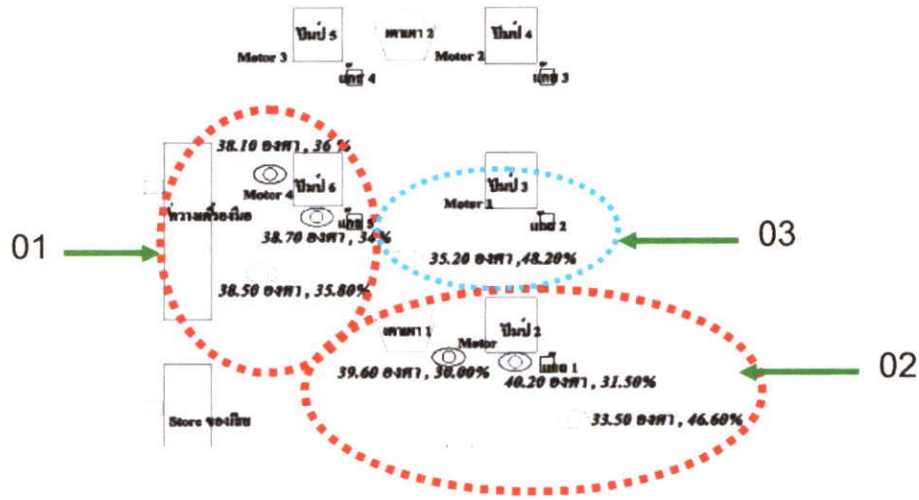
สัญลักษณ์แสดงแผนกต่างๆมีดังนี้

แผนกปั๊มป์ร้อน	ห้องช่าง	แผนกปั๊มป์เย็น
แผนกหลาว รีดเกลียว	แผนกปั๊มป์หัวน๊อต	แผนกดึงเหล็ก
แผนกตัดเหล็ก	แผนกปั๊มป์ต๊าปเกลียว	แผนกจัดส่ง และ Stock

ต่อมาเป็นการขยายของแผนกที่มีการเปิดเครื่องจักรใช้ทำงาน ณ.วันศุกร์ที่ 6 สิงหาคม 2547 เวลา 11.30นาฬิกา โดยจะสามารถทำการสรุปอุณหภูมิ ซึ่งมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส และความชื้นสัมพันธ์มีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์ โดยจะมีรายละเอียดที่ทำการวัดได้ ดังนี้

ตารางที่ ก1 แสดงอุณหภูมิในขณะที่มีการทำงานภายในโรงงานอุตสาหกรรม

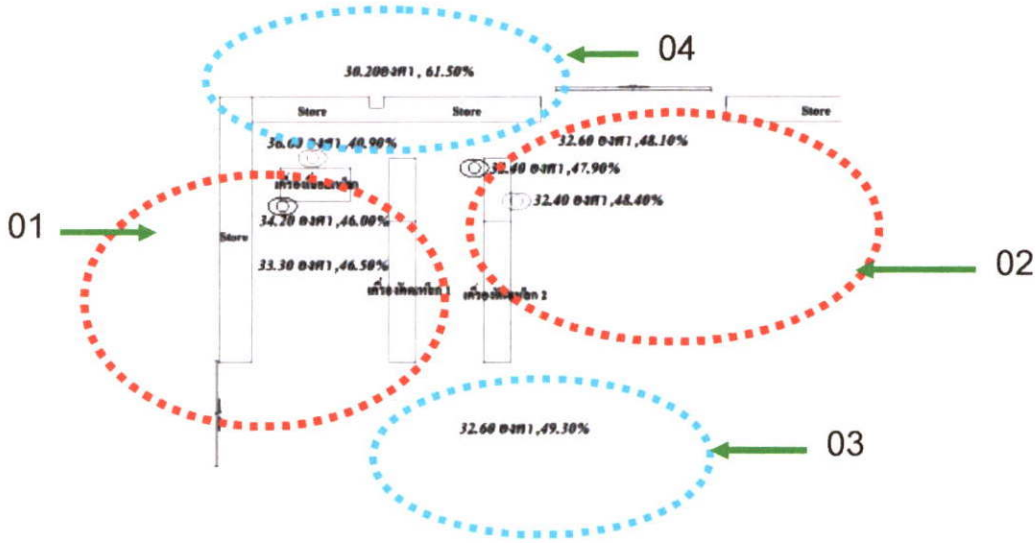
แผนก	บริเวณรอบๆของเครื่องจักร	ตำแหน่งพนักงาน	ตำแหน่งเครื่องจักร
1. ปั๊มป์ร้อน			
ปั๊มป์ร้อน 01	38.50 องศา , 35.80 %	38.70 องศา , 34.00 %	38.10 องศา , 36 %
ปั๊มป์ร้อน 02	33.50 องศา , 46.60 %	40.20 องศา , 31.50 %	39.60 องศา , 38 %
บริเวณโดยรอบ 03	35.20 องศา , 48.20 %		



ภาพที่ ก3 แสดงภาพบริเวณส่วนปั๊มปี้ร้อนภายในโรงงานอุตสาหกรรม

ตารางที่ ก2 แสดงภาพบริเวณส่วนแผนกตัดเหล็กภายในโรงงาน

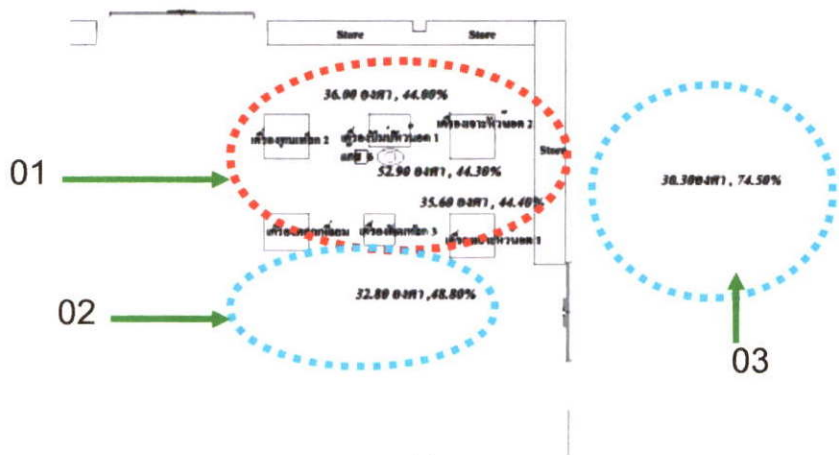
แผนก	บริเวณรอบๆ	ตำแหน่งพนักงาน	ตำแหน่งเครื่องจักร
2. แผนกตัดเหล็ก			
ตัดเหล็ก 01	33.30 องศา , 46.50 %	36.60 องศา , 40.90 %	34.20 องศา , 46 %
ตัดเหล็ก 02	32.60 องศา , 48.10 %	32.40 องศา , 48.40 %	32.40 องศา , 47.90 %
บริเวณโดยรอบด้านใน 03	32.60 องศา , 49.30 %		
บริเวณโดยรอบด้านนอก 04	30.20 องศา , 61.50 %		



ภาพที่ ก4 แสดงภาพบริเวณส่วนตัดเหล็กภายในโรงงานอุตสาหกรรม

ตารางที่ ก3 แสดงอุณหภูมิในขณะที่มีการทำงานภายในโรงงานอุตสาหกรรม

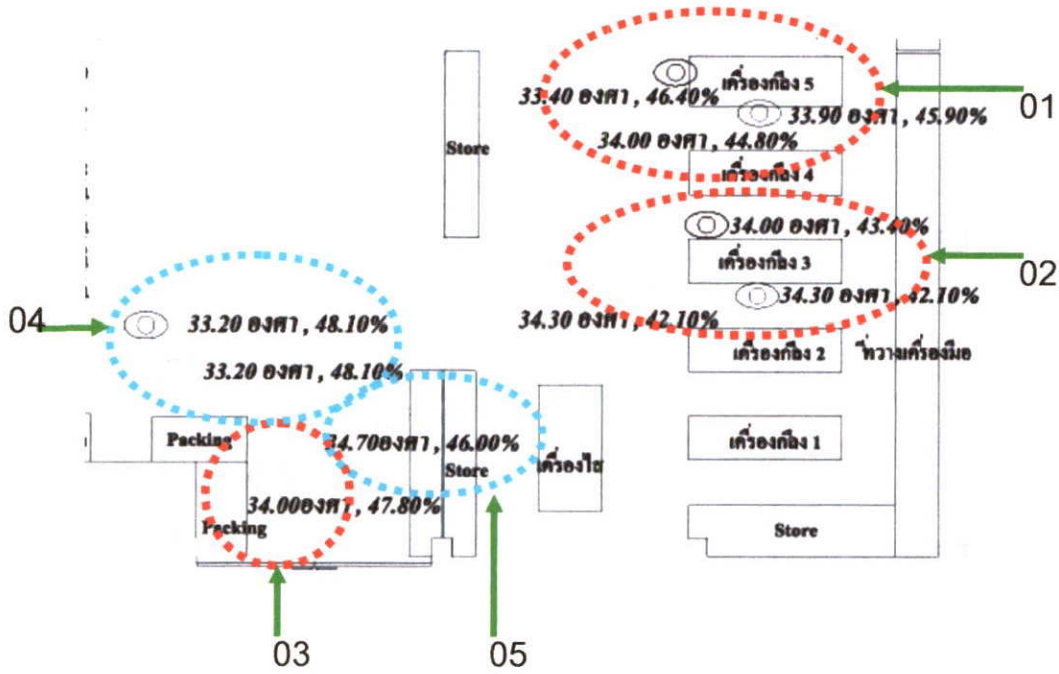
แผนก	บริเวณรอบๆ	ตำแหน่งพนักงาน	ตำแหน่ง เครื่องจักร
3. แผนกปั๊มป์หัวน๊อต			
ปั๊มป์หัวน๊อต 01	35.60 องศา , 44.40 %	39.90 องศา , 44.30 %	36.00 องศา , 44 %
บริเวณโดยรอบด้านใน 02	32.80 องศา , 48.80 %		
บริเวณโดยรอบด้านนอก 03	30.30 องศา , 74.50 %		



ภาพที่ ก5 แสดงภาพบริเวณส่วนแผนกปั๊มป์หัวน๊อตภายในโรงงานอุตสาหกรรม

ตารางที่ ก4 แสดงอุณหภูมิในขณะที่มีการทำงานภายในโรงงานอุตสาหกรรม

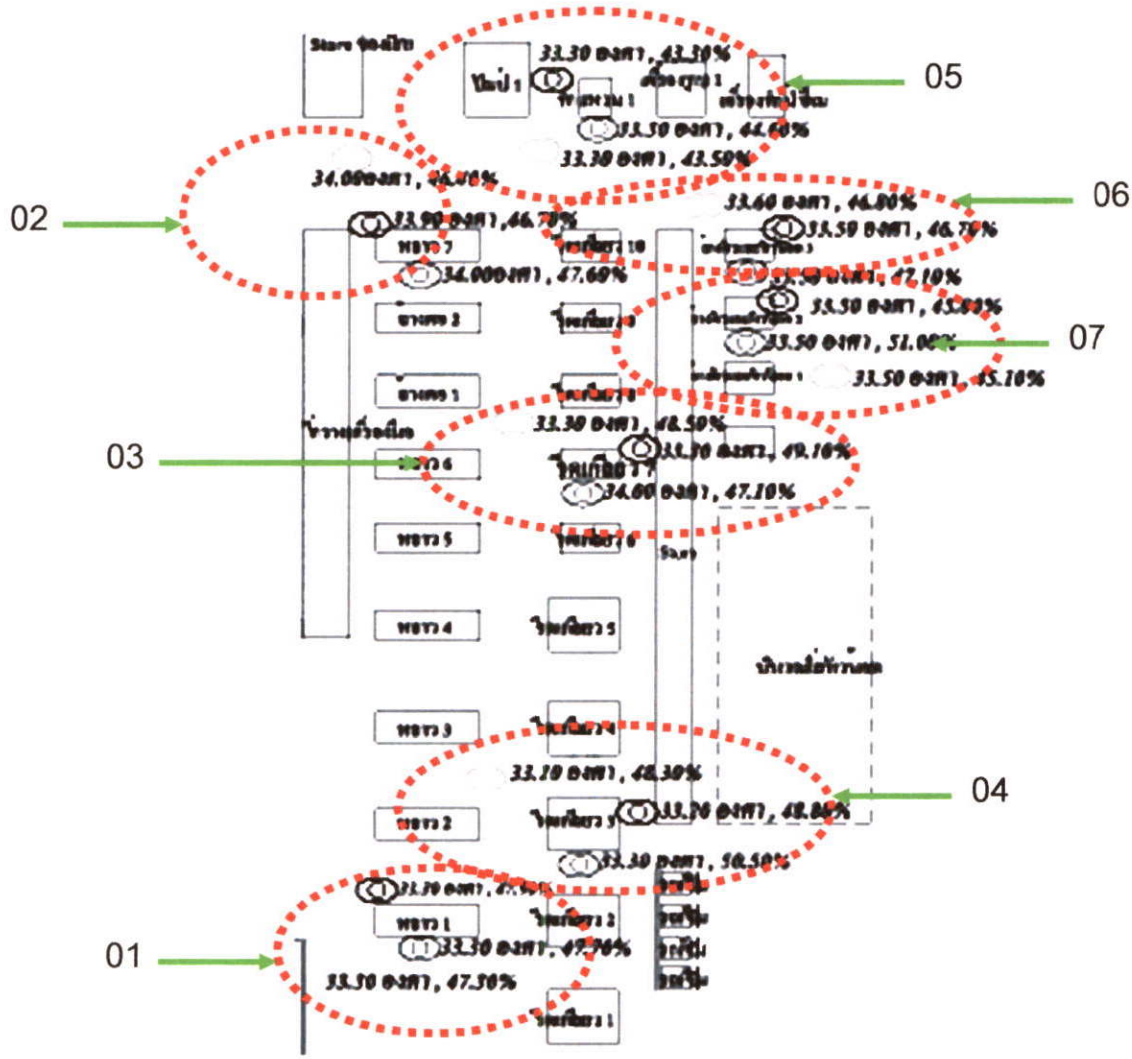
แผนก	บริเวณรอบๆ	ตำแหน่งพนักงาน	ตำแหน่งเครื่องจักร
4. ห้องช่าง และ บริเวณจัดส่ง			
เครื่องกลึง 01	34.00 องศา , 44.80 %	33.90 องศา , 45.90 %	33.40 องศา , 46.40 %
เครื่องกลึง 02	34.30 องศา , 42.10 %	34.30 องศา , 42.10%	34.00 องศา , 43.30%
บริเวณจัดส่ง 03	34.00 องศา , 47.80 %		
บริเวณโดยรอบ 04	33.20 องศา , 48.10 %	33.20 องศา , 48.10 %	
บริเวณโดยรอบ 05	34.70 องศา , 46.00 %		



ภาพที่ ก6 แสดงภาพบริเวณส่วนห้องช่าง และ ส่วนจัดส่ง

ตารางที่ ก5 แสดงอุณหภูมิในขณะที่มีการทำงานภายในโรงงานอุตสาหกรรม

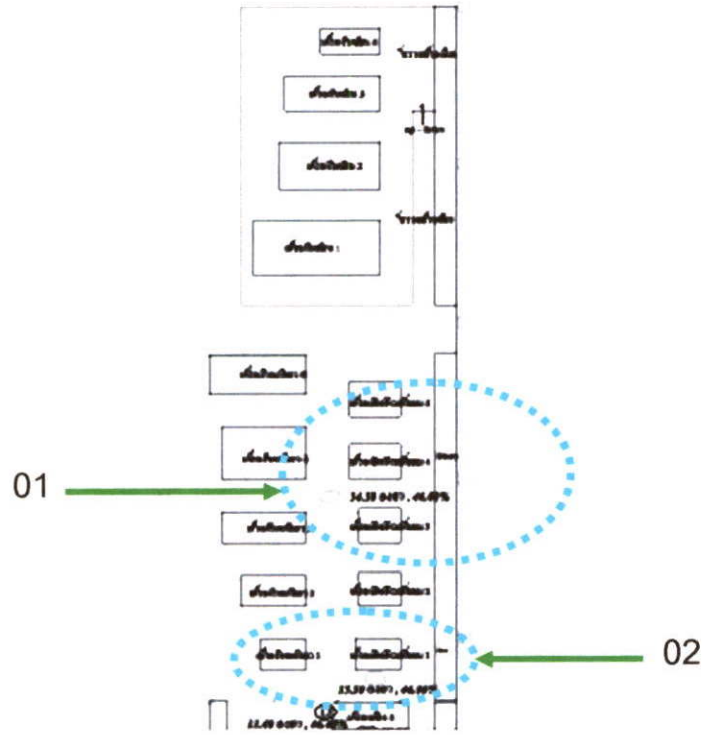
แผนก	บริเวณรอบๆ	ตำแหน่งพนักงาน	ตำแหน่งเครื่องจักร
5. แผนกรีดเกลียว เหลา ทุบ			
เหลา 01	33.30 องศา , 47.30 %	33.30 องศา , 47.30 %	33.30 องศา , 47.90 %
เหลา 02	34.00 องศา , 46.40 %	33.30 องศา , 47.60%	33.90 องศา , 46.70%
รีดเกลียว 03	33.10 องศา , 48.30 %	33.30 องศา , 50.50 %	32.20 องศา , 48.40 %
รีดเกลียว 04	33.30 องศา , 48.50 %	34.00 องศา , 47.10 %	33.30 องศา , 49.10 %
ทำแหวน 05	33.30 องศา , 43.50 %	33.30 องศา , 44.60 %	33.30 องศา , 43.30 %
ปาดคอ และ ปาดหัวน๊อต 06	33.60 องศา , 46.80 %	33.50 องศา , 47.10 %	33.50 องศา , 46.70%
ปาดคอ และ ปาดหัวน๊อต 07	33.50 องศา , 45.10 %	33.50 องศา , 51.00 %	33.50 องศา , 45.00%



ภาพที่ ก7 แสดงภาพบริเวณแผนกเหลา รีดเกลียว ทำแหวน และ ล้างคอ และ ปาดหัว

ตารางที่ ก6 แสดงอุณหภูมิในขณะที่มีการทำงานภายในโรงงานอุตสาหกรรม

แผนก	บริเวณรอบๆ	ตำแหน่งพนักงาน	ตำแหน่งเครื่องจักร
6. แผนกปั๊มป์เย็น			
บริเวณรอบ 01	35.30องศา , 46.00 %	32.26องศา, 48.86%	33.30องศา,47.76%
บริเวณรอบ 02	34.30 องศา , 46.00 %	32.38องศา, 47.99%	33.30องศา,58.50%



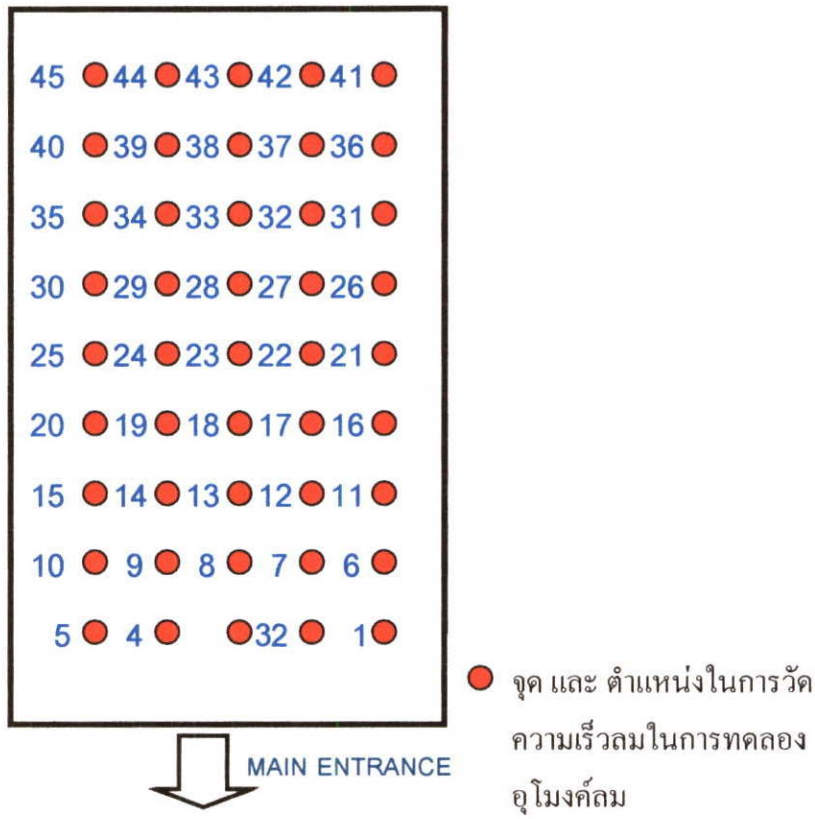
ภาพที่ ก8 แสดงส่วนบริเวณแผนกปั๊มป์เย็น

จากการทดลองสามารถแบ่งหุ่นจำลองออกเป็น 3 แบบ โดยหุ่นจำลองทั้ง 3 แบบ คือ หุ่นจำลองที่มีการใช้เกล็ดกระเบื้องในการการระบายอากาศ หุ่นจำลองที่มีการใช้อิฐบล็อกประเภทลิ้นคู่ และหุ่นจำลองที่มีการใช้ผสมผสานระหว่างเกล็ดกระเบื้อง และอิฐบล็อกประเภทลิ้นคู่ เป็นต้น ซึ่งหุ่นจำลองทั้ง 3 ประเภท จะมีตัวแปรต่างๆที่เหมือนกันประกอบดังนี้

หุ่นจำลองที่ 1,2 และ 3

ตารางที่ ก7 ตารางแสดงตัวแปรต่างๆของหุ่นจำลองที่ 1,2 และ 3

ตัวแปรแนวความคิด (ตัวแปรอิสระ)	**ตัวแปรแนวปฏิบัติการ** (ตัวแปรอิสระ แปลนใหม่)
1 ขนาดช่องเปิด 2 ชนิดช่องเปิด	1 ขนาดช่องเปิด ให้ลมที่เข้าแคบกว่าลมที่ออกตามแนวความยาวของอาคาร 2 ชนิดช่องเปิด คือ หุ่นจำลองที่ 1 บานเกล็ด เปิดหมดทุกด้าน หุ่นจำลองที่ 2 อิฐบล็อกลิ้นคู่เปิดหมดทุกด้าน และหุ่นจำลองที่ 3 บานเกล็ดผสมกับอิฐบล็อกประเภทลิ้นคู่
(ตัวแปรตาม)	(ตัวแปรตาม)
1. อัตราเร็วลม และค่าความชื้นสัมพัทธ์ 2. ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ 3. ทิศทางการหันอาคาร	1. อัตราเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงงานอุตสาหกรรม 2. ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) 3. ทิศทางการวางอาคารใช้แนวยาวของอาคารเพื่อให้ภายในมีลมพัดผ่านมากที่สุด
(ตัวแปรควบคุม)	(ตัวแปรควบคุม)
1. ผังพื้น 2. ชนิดอาคาร 3. ขนาดอาคาร 4. ระดับช่องเปิด 5. ทิศทางอาคารกับการรับลม	1. ผังอาคารที่มีการจัดวางใหม่ตามขบวนการผลิต 2. ชนิดอาคารโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน็อตสกรู 3. ขนาดอาคาร กว้าง 35 เมตร และ ยาว 60เมตร 4. ระดับช่องเปิด จะใช้ช่วงระดับที่พนักงานทำการยืนทำงาน (ระดับหน้าอก) คือ ระดับที่ 1.20 เมตร 5. ทิศทางอาคารการรับลมจะเป็น 3 ทิศทาง

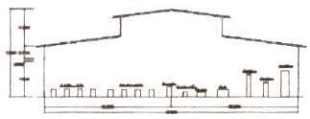
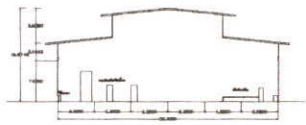
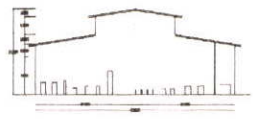
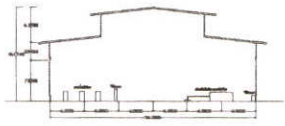


ภาพที่ ก9 ตำแหน่งของการวัดกระแสลมเข้า และ ออกภายในอุโมงลม

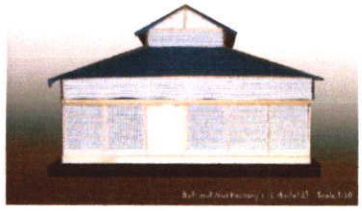
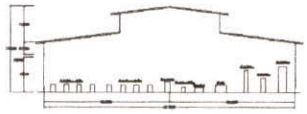
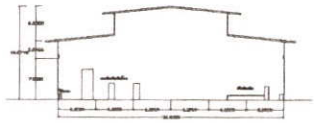
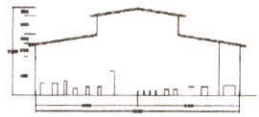
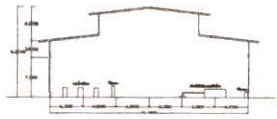
ผลของหุ่นจำลองต่างๆทั้ง 3 แบบ ทั้ง 3 ทิศทางจะมีผลดังนี้

จากหุ่นจำลองที่ 1, 2 และ 3 ที่หันอาคารทางทิศใต้ จะได้ผลที่ทำการทดลองด้วยอุโมงค์ลม ดังนี้

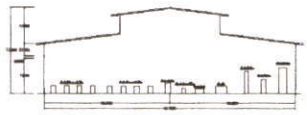
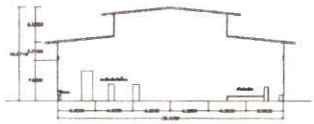
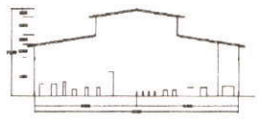
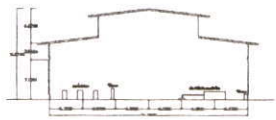
ตารางที่ ก8 ค่าความเร็วลม และ อุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 1 หันอาคารทางทิศใต้

หุ่นจำลองที่ 1 (หันอาคารทางทิศใต้)	จุดที่	ความเร็วลม	อุณหภูมิ	จุดที่	ความเร็วลม	อุณหภูมิ
	1	0.11	32.2	**24**	0.21	32.5
	2	0.15	32.2	**25**	0.33	32.5
	3	0.15	32.2	**26**	0.33	32.4
	4	0.10	32.2	**27**	0.09	32.3
	5	0.38	32.2	**28**	0.22	32.7
	6	0.13	32.2	**29**	0.18	32.7
	**7**	0.13	32.2	**30**	0.19	32.7
	8	0.36	32.3	**31**	0.15	32.7
	9	0.37	32.2	**32**	0.08	32.5
	**10**	0.23	32.2	**33**	0.33	32.4
	11	0.20	32.2	**34**	0.32	32.5
	12	0.12	32.2	**35**	0.13	32.4
	**13**	0.42	32.4	**36**	0.07	32.4
	14	0.24	32.4	**37**	0.21	32.3
	15	0.14	32.4	**38**	0.30	32.3
	**16**	0.15	32.4	**39**	0.23	32.4
	17	0.53	32.5	**40**	0.17	32.4
	18	0.55	32.5	**41**	0.21	32.3
	19	0.44	32.4	**42**	0.12	32.3
	20	0.18	32.5	**43**	0.21	32.5
	21	0.17	32.5	**44**	0.24	32.5
	22	0.50	32.5	**45**	0.08	32.5
	23	0.34	32.6	**รวม**	10.49	1457.8
				เฉลี่ย	**0.23**	**32.40**

ตารางที่ ก9 ค่าความเร็วลม และ อุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 2 หันอาคารทางทิศใต้

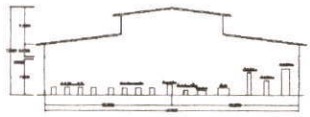
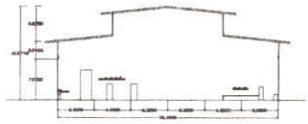
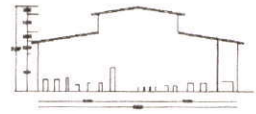
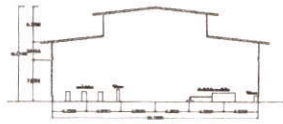
หุ่นจำลองที่ 2 (หันอาคารทางทิศใต้)	จุดที่	ความเร็วลม	อุณหภูมิ	จุดที่	ความเร็วลม	อุณหภูมิ
	1	0.58	28.3	**25**	0.10	28.1
	2	0.17	28.3	**26**	0.09	28.1
	3	0.27	28.2	**27**	0.09	28.2
	4	0.46	28.2	**28**	0.12	28.2
	5	0.68	28.2	**29**	0.20	28.2
	6	0.21	28.1	**30**	0.16	28.2
	**7**	0.22	28.1	**31**	0.27	28.2
	8	0.23	28.1	**32**	0.12	28.1
	9	0.23	28.1	**33**	0.10	28.1
	10	0.26	28.2	**34**	0.23	28.2
	**11**	0.08	28.1	**35**	0.13	28.2
	12	0.14	28.1	**36**	0.06	28.2
	13	0.30	28.1	**37**	0.24	28.2
	**14**	0.30	28.1	**38**	0.23	28.2
	15	0.23	28.1	**39**	0.14	28.2
	16	0.06	28.1	**40**	0.09	28.2
	**17**	0.26	28.1	**41**	0.05	28.2
	18	0.30	28.1	**42**	0.26	28.3
	19	0.16	28.1	**43**	0.24	28.3
	**20**	0.07	28.1	**44**	0.03	28.3
	21	0.04	28.1	**45**	0.08	28.3
	22	0.19	28.1			
	23	0.15	28.1	**รวม**	8.74	1267.4
	24	0.12	28.1	**เฉลี่ย**	**0.20**	**28.16**

ตารางที่ ก10 ค่าความเร็วลม และ อุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 3 หันอาคารทางทิศใต้

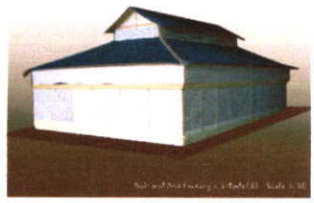
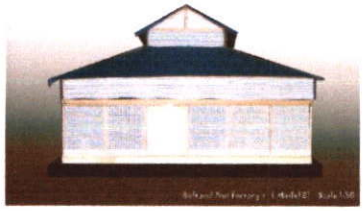
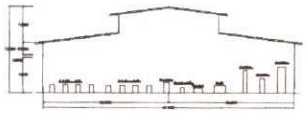
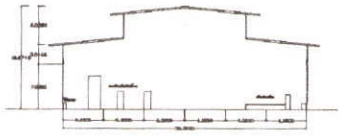
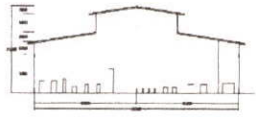
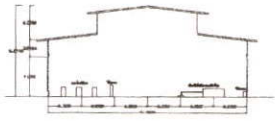
หุ่นจำลองที่ 3 (หันอาคารทางทิศใต้)	จุดที่	ความเร็วลม	อุณหภูมิ	จุดที่	ความเร็วลม	อุณหภูมิ
	1	0.06	31.2	**26**	0.12	31.5
	2	0.18	31.2	**27**	0.35	31.6
	3	0.14	31.3	**28**	0.15	31.4
	4	0.07	31.3	**29**	0.11	31.5
	5	0.12	31.4	**30**	0.09	31.5
	6	0.16	31.4	**31**	0.09	31.5
	7	0.11	31.4	**32**	0.14	31.6
	8	0.40	31.4	**33**	0.14	31.6
	9	0.07	31.4	**34**	0.08	31.4
	10	0.12	31.5	**35**	0.09	31.5
	**11**	0.22	31.3	**36**	0.06	31.5
	12	0.17	31.4	**37**	0.45	31.7
	13	0.47	31.4	**38**	0.30	31.5
	**14**	0.13	31.4	**39**	0.12	31.3
	15	0.16	31.5	**40**	0.08	31.4
	16	0.14	31.4	**41**	0.05	31.5
	**17**	0.43	31.4	**42**	0.14	31.6
	18	0.46	31.4	**43**	0.06	31.6
	19	9.17	31.4	**44**	0.07	31.6
	**20**	0.09	31.5	**45**	0.05	31.7
	21	0.22	31.7			
	22	0.45	31.6			
	23	0.44	31.6			
	24	0.17	31.5	รวม	17.14	1416.1
	25	0.25	31.6	เฉลี่ย	**0.381**	**31.47**

จากหุ่นจำลองที่ 1, 2 และ 3 ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ จะได้ผลที่ทำการทดลองด้วยอุโมงค์ลม ดังนี้

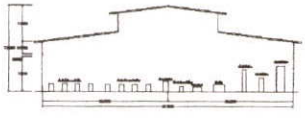
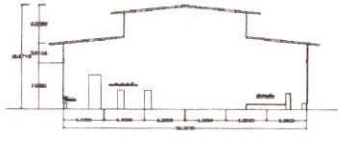
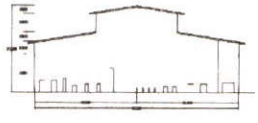
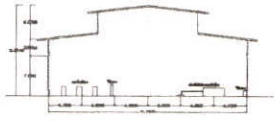
ตารางที่ ก11 ค่าความเร็วลม และ อุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 1 ที่หันอาคารทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

หุ่นจำลองที่ 1 (หันอาคารทางทิศ ต.อ/น)	จุดที่	ความเร็วลม	อุณหภูมิ	จุดที่	ความเร็วลม	อุณหภูมิ
   	**1**	0.09	33.1	**24**	0.36	30.7
	2	0.18	32.4	**25**	0.30	30.7
	3	0.26	32.3	**26**	0.37	30.9
	4	0.14	31.8	**27**	0.28	31.0
	5	0.20	31.4	**28**	0.17	31.0
	6	0.11	31.2	**29**	0.20	30.9
	7	0.24	31.1	**30**	0.06	30.8
	8	0.47	31.2	**31**	0.07	30.8
	9	0.49	30.9	**32**	0.09	30.8
	10	0.11	30.9	**33**	0.29	30.9
	11	0.18	30.9	**34**	0.33	30.8
	12	0.23	30.9	**35**	0.13	30.8
	13	0.18	30.9	**36**	0.29	30.8
	14	0.16	30.7	**37**	0.16	30.9
	15	0.13	30.7	**38**	0.28	30.9
	16	0.14	30.6	**39**	0.26	30.9
	17	0.35	30.5	**40**	0.21	30.8
	18	0.33	30.6	**41**	0.20	30.8
	19	0.34	30.6	**42**	0.43	30.8
	20	0.22	30.6	**43**	0.12	30.9
	21	0.13	30.6	**44**	0.09	30.8
	22	0.30	30.8	**45**	0.37	30.8
	23	0.35	30.8	**รวม**	10.39	1394
				เฉลี่ย	**0.231**	**30.98**

ตารางที่ ก12 ค่าความเร็วลม และ อุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 2 ที่หันอาคารทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

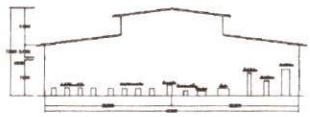
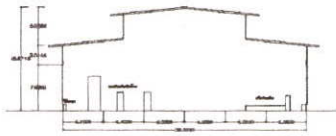
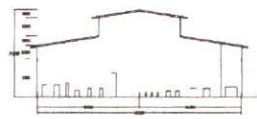
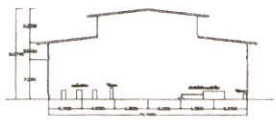
หุ่นจำลองที่ 2 (หันอาคารทางทิศ ต.อ/น)	จุดที่	ความเร็วลม	อุณหภูมิ	จุดที่	ความเร็วลม	อุณหภูมิ
     	**1**	0.54	27.4	**25**	0.26	27.7
	2	0.48	27.4	**26**	0.31	27.7
	3	0.45	27.5	**27**	0.38	27.7
	4	0.22	27.4	**28**	0.46	27.5
	5	0.34	27.5	**29**	0.09	27.7
	6	0.11	27.4	**30**	0.20	27.7
	7	0.39	27.6	**31**	0.18	27.5
	8	0.46	27.5	**32**	0.04	27.6
	9	0.11	27.6	**33**	0.33	27.6
	10	0.11	27.5	**34**	0.24	27.6
	11	0.14	27.5	**35**	0.13	27.6
	12	0.35	27.4	**36**	0.07	27.6
	13	0.42	28.3	**37**	0.04	27.6
	14	0.10	28.2	**38**	0.23	27.7
	15	0.13	27.9	**39**	0.09	27.7
	16	0.36	27.7	**40**	0.15	27.7
	17	0.40	27.9	**41**	0.10	27.7
	18	0.16	27.8	**42**	0.06	27.7
	19	0.14	27.8	**43**	0.07	27.8
	20	0.13	27.7	**44**	0.38	27.8
	21	0.33	27.8	**45**	0.11	27.8
	22	0.30	27.6			
	23	0.31	27.7	รวม	10.6	1244.7
	24	0.20	27.6	เฉลี่ย	**0.24**	**27.66**

ตารางที่ ก13 ค่าความเร็วลม และ อุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 3 หันอาคารทาง ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

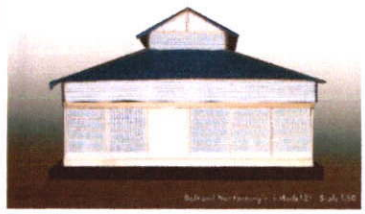
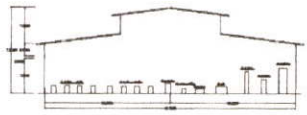
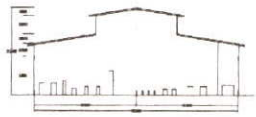
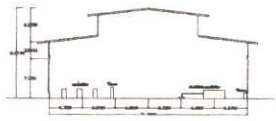
หุ่นจำลองที่ 3 (หันอาคารทางทิศ ต.อ/น)	จุดที่	ความเร็วลม	อุณหภูมิ	จุดที่	ความเร็วลม	อุณหภูมิ
	1	0.19	33.6	**26**	0.07	33.8
	2	0.30	33.8	**27**	0.34	33.9
	3	0.10	33.5	**28**	0.07	33.6
	4	0.10	33.6	**29**	0.32	33.6
	5	0.18	33.7	**30**	0.28	33.6
	6	0.08	33.8	**31**	0.10	33.5
	7	0.13	33.7	**32**	0.05	33.6
	8	0.16	33.9	**33**	0.07	33.5
	9	0.08	33.9	**34**	0.40	33.5
	10	0.08	33.9	**35**	0.07	33.2
	**11**	0.10	33.9	**36**	0.07	33.3
	12	0.41	33.9	**37**	0.11	33.4
	13	0.09	33.9	**38**	0.06	33.4
	14	0.07	33.9	**39**	0.06	33.5
	**15**	0.07	34	**40**	0.05	33.7
	16	0.23	33.5	**41**	0.10	33.8
	17	0.33	33.9	**42**	0.06	33.9
	**18**	0.13	33.5	**43**	0.07	34.1
	19	0.06	33.6	**44**	0.10	33.9
	20	0.15	33.6	**45**	0.07	33.9
	**21**	0.06	33.7			
	22	0.09	33.4			
	23	0.39	33.6			
	24	0.08	33.7	**รวม**	6.49	1515.9
	25	0.31	33.7	**เฉลี่ย**	**0.144**	**33.69**

จากหุ่นจำลองที่ 1, 2 และ 3 โดยอาคารหันทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ จะได้ผลที่ทำการทดลองด้วยอุโมงค์ลมดังนี้

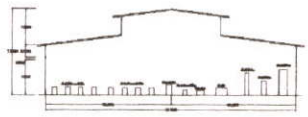
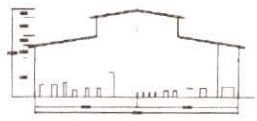
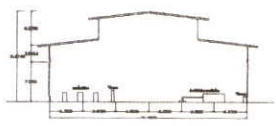
ตารางที่ ก14 ค่าความเร็วลม และ อุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 1 หันอาคารทางทิศตะวันออกเฉียงใต้

หุ่นจำลองที่ 1 (ทิศตะวันออกเฉียงใต้)	**จุดที่**	**ความเร็วลม**	**อุณหภูมิ**	**จุดที่**	**ความเร็วลม**	**อุณหภูมิ**
   	**1**	0.31	31.8	**24**	0.35	31.8
	2	0.16	31.7	**25**	0.10	31.8
	3	0.31	31.6	**26**	0.40	31.8
	4	0.44	31.7	**27**	0.19	31.8
	5	0.11	31.8	**28**	0.15	32.0
	6	0.61	31.7	**29**	0.10	32.0
	7	0.38	31.8	**30**	0.09	32.1
	8	0.39	31.9	**31**	0.33	32.1
	9	0.30	31.8	**32**	0.15	32.3
	10	0.18	31.8	**33**	0.18	32.3
	11	0.16	31.8	**34**	0.17	32.4
	12	0.20	31.9	**35**	0.19	32.4
	13	0.09	32.0	**36**	0.29	32.3
	14	0.55	32.0	**37**	0.13	32.3
	15	0.31	31.8	**38**	0.13	32.3
	16	0.15	32.1	**39**	0.21	32.4
	17	0.44	32.0	**40**	0.12	32.6
	18	0.08	31.9	**41**	0.35	32.6
	19	0.13	31.9	**42**	0.12	32.5
	20	0.47	31.8	**43**	0.14	32.5
	21	0.10	32.0	**44**	0.37	32.6
	22	0.32	31.9	**45**	0.05	32.6
	23	0.18	31.8	**รวม**	10.33	1410.2
				เฉลี่ย	**0.23**	**31.34**

ตารางที่ ก15 ค่าความเร็วลมและอุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 2 หันอาคารทางทิศตะวันออกเฉียงใต้

หุ่นจำลองที่ 2 (ทิศตะวันออกเฉียงใต้)	จุดที่	ความเร็วลม	อุณหภูมิ	จุดที่	ความเร็วลม	อุณหภูมิ
   	**1**	0.11	27.8	**25**	0.13	27.7
	2	0.21	27.9	**26**	0.16	27.8
	3	0.13	27.9	**27**	0.36	27.7
	4	0.17	27.9	**28**	0.23	27.8
	5	0.63	27.8	**29**	0.40	27.8
	6	0.19	27.9	**30**	0.12	27.7
	7	0.09	27.9	**31**	0.33	27.8
	8	0.06	27.9	**32**	0.24	27.9
	9	0.27	27.8	**33**	0.13	27.8
	10	0.21	27.9	**34**	0.18	27.9
	11	0.08	27.8	**35**	0.13	27.9
	12	0.07	27.8	**36**	0.26	27.9
	13	0.23	27.8	**37**	0.23	27.9
	14	0.20	27.8	**38**	0.36	27.9
	15	0.18	27.8	**39**	0.18	27.9
	16	0.24	27.9	**40**	0.13	27.9
	17	0.27	27.8	**41**	0.09	27.9
	18	0.22	27.8	**42**	0.42	27.9
	19	0.14	27.8	**43**	0.34	28.0
	20	0.09	27.8	**44**	0.15	27.9
	21	0.05	27.8	**45**	0.24	27.9
	22	0.23	27.8			
	23	0.19	27.8	**รวม**	9.17	1252.8
	24	0.10	27.7	**เฉลี่ย**	**0.204**	**27.84**

ตารางที่ ก16 ค่าความเร็วลมและอุณหภูมิที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองที่ 3 หันอาคารทางทิศตะวันออกเฉียงใต้

หุ่นจำลองที่ 3 (ทิศตะวันออกเฉียงใต้)	จุดที่	ความเร็วลม	อุณหภูมิ	จุดที่	ความเร็วลม	อุณหภูมิ
	1	0.09	33.5	**26**	0.31	33.4
	2	0.12	33.5	**27**	0.41	33.5
	3	0.10	33.5	**28**	0.62	33.4
	4	0.14	33.6	**29**	0.27	33.4
	5	0.04	33.7	**30**	0.16	33.4
	6	0.08	33.6	**31**	0.31	33.4
	7	0.10	33.5	**32**	0.40	33.4
	8	0.09	33.6	**33**	0.30	33.5
	9	0.12	33.5	**34**	0.26	33.5
	10	0.11	33.5	**35**	0.13	33.5
	**11**	0.15	33.5	**36**	0.31	33.6
	12	0.12	33.5	**37**	0.32	33.6
	13	0.08	33.5	**38**	0.16	33.7
	14	0.12	33.5	**39**	0.08	33.5
	15	0.05	33.6	**40**	0.06	33.6
	16	0.15	33.6	**41**	0.14	33.6
	**17**	0.06	33.6	**42**	0.25	33.6
	18	0.13	33.4	**43**	0.05	33.6
	19	0.08	33.5	**44**	0.09	33.5
	**20**	0.06	33.5	**45**	0.07	33.7
	21	0.31	33.5			
	22	0.20	33.5			
	23	0.18	33.5			
	24	0.38	33.6	**รวม**	7.86	1508.7
	25	0.10	33.5	**เฉลี่ย**	**0.175**	**33.5**

รายละเอียดการติดตั้งกระเบื้องบานเกล็ดตราช้าง

1. การใช้งานและการติดตั้ง

การติดตั้งเป็นไปได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว ซึ่งหากโครงสร้างเป็นไม้ควรใช้ไม้คร่าวขนาดประมาณ 2"*4" หรือ ใหญ่กว่า วางคร่าวตั้งระยะห่างกัน 100 ซม. เจาะรูทะลุไม้คร่าวเพื่อสอดสลักเกลียวยึดกระเบื้อง สำหรับแผ่นขนาด 60*120 ซม. ช่วงเจาะรูห่างกัน 40 ซม.

การติดตั้งจะเริ่มจากแผ่นล่างสุดไปทางด้านยาว แล้วขึ้นบนไปทีละชั้นส่วนการยึดแผ่นใช้พุกรอง และ สลักเกลียวยึด ความยาวสลักเกลียวขึ้นกับขนาดของไม้คร่าว

ในกรณีใช้โครงคร่าวกล่องโลหะ ใช้น็อตเชื่อมติดกับโครงคร่าวโลหะแล้วขันให้แน่นภายนอก โดยใช้สลักเกลียวแบบมีหัวขนาด 9" หรือ 10" หรือสลักเกลียวยึดโครงเคร่าแบบไม่มีหัว สำหรับดัดเป็นเหล็กรูปปอปลาก็ได้ขนาด 12" หรือ 16"

ในกรณีที่เข้ามุมฉากที่มุมอาคารให้เอาแผ่นบานเกล็ดชนกันเป็นมุมฉากแล้วตัดกระเบื้องส่วนเกินออก วัดจากมุมแผ่นเข้าไปประมาณ 10 ซม.

รายละเอียดของการทดลองโต๊ะน้ำ

จากการทดลองเรื่องการระบายอากาศตามธรรมชาตินั้น ถึงแม้การทดลองโดยการใช้เครื่องจำลองการไหลของของไหล จะไม่ใช่องค์ประกอบความรู้ใหม่ และ การใช้น้ำแทนลมนั้นจะแตกต่างกัน แต่การศึกษาวิจัยสามารถใช้แทนการได้ โดยในการทดลองความแรงของน้ำที่ใช้กับหุ่นจำลองทั้งหมดจะต้องใกล้เคียงกัน โดยที่ค่าความเร็วของน้ำที่เหมาะสมอยู่ที่ 0.1 เมตร/วินาที และสิ่งที่ต้องระวังในเรื่องต่างๆมีดังนี้ (รองศาสตราจารย์ มาลินี ศรีสุวรรณ 2546.แนวการศึกษาเรื่องการระบายอากาศ กรณีศึกษา โครงการมหาวิทยาลัยเขียวสะอาด มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตเพชรบุรี : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร)

1. ในการทำหุ่นจำลองที่ต้องใช้ประเก็นยางกันน้ำนั้นต้องระมัดระวังในการติดประเก็นยางกับ แผ่น PVC ให้สนิทไม่ให้น้ำด่างทับทิมที่ไหลผ่านในช่วงการทดลองลอดผ่านใต้ประเก็นยาง เพราะ จะทำให้เส้นทางการไหลเบี่ยนเบนไปได้
2. ต้องระวังมิให้เกิดฟองอากาศในขณะทีวางแผ่นกระจกทับ เพราะจะทำให้แนวทางการไหลของเส้นด่างทับทิมเบี่ยนเบนไปเช่นกัน และ เมื่อเกิดฟองอากาศก็ให้ขยับกระจกทับหน้าหลายๆครั้ง เพื่อไล่ฟองอากาศ
3. ควรหมั่นทำความสะอาดกระจกทั้งในส่วนของเครื่องทดลอง และ กระจกทับหน้า เพื่อให้ผลของการทดลองถูกต้องและได้ภาพผลการทดลองที่ชัดเจน

ประวัติผู้เขียน

นางสาว สมฤดี อนามยธนะ เกิดเมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาศิลปบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ปีการศึกษา 2543

ปี พ.ศ 2544 ทำหน้าที่นักออกแบบตกแต่งภายในบริษัท E-Quip Construction Co.,Ltd.

ปี พ.ศ 2544-2545 ทำหน้าที่นักออกแบบตกแต่งภายในบริษัท 22 Dec and Architect Co.,Ltd.

ปี พ.ศ 2546-ปัจจุบัน ทำหน้าที่ผู้ช่วยผู้จัดการภายในโรงงานอุตสาหกรรมสลักภัณฑ์ของบริษัทเพิ่มพูลสลักภัณฑ์ และ กลการ(2004) จำกัด