การออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าเพื่อความสบายเชิงอุณหภาพ

โดย

นางสาววิลาสินี ศรีสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Ref. code: 256059160301161QY

การออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าเพื่อความสบายเชิงอุณหภาพ

โดย

นางสาววิลาสินี ศรีสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Ref. code: 256059160301161QY

STABLE DESIGN FOR HORSE THERMAL COMFORT

BY

MISS WILASINEE SRISUWAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF ARCHITECTURE

ARCHITECTURE

FACULTY OF ARCHITECTURE AND PLANNING

THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2017

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

Ref. code: 256059160301161QY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาววิลาสินี ศรีสุวรรณ

เรื่อง

การออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าเพื่อความสบายเชิงอุณหภาพ

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 6 สิงหาคม พ.ศ. 2561

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภัทรนันท์ ทักขนนท์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ _____
(รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุดาภรณ์ สุดประเสริฐ)

คณบดี _____
(รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์)

Ref. code: 256059160301161QY

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าเพื่อความสบายเชิงอุณหภาพ
ชื่อผู้เขียน	นางสาววิลาสินี ศรีสุวรรณ
ชื่อปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สถาปัตยกรรม สถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์
ปีการศึกษา	2560

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจและทดลองเพื่อศึกษาการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าเพื่อความสบายเชิงอุณหภาพของม้า โดยทำการสำรวจโรงเรือนเลี้ยงม้าเพื่อศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความสบายเชิงอุณหภาพของม้า ประกอบด้วย ลักษณะทางกายภาพของโรงเรือน อุณหภูมิอากาศ ความชื้น และความเร็วลมที่นำไปสู่การจำลองในโรงเรือนตัวอย่างด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล PHOENICS จากการศึกษาโดยการสำรวจ ปัจจัยที่มีผลต่อความสบายเชิงอุณหภาพของโรงเรือนเลี้ยงม้า พบว่าความเร็วลม และอุณหภูมิอากาศมีผลต่อความสบายเชิงอุณหภาพมากที่สุด การทดลองความเร็วลมที่มีผลต่อความสบายเชิงอุณหภาพ ทดลองจากการกำหนดขนาดและตำแหน่งช่องเปิดบนผนังคอกม้า โดยกำหนดขนาดของช่องเปิดเป็นสัดส่วนของช่องเปิดร้อยละ 20 และร้อยละ 50 ของพื้นที่ผนังคอกม้า และกำหนดตำแหน่งของช่องเปิดบริเวณตรงกลางของผนังคอกม้า แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มผนังคอกม้าสูง 2.45 เมตร และกลุ่มผนังคอกม้าสูง 3.00 เมตร เพื่อนำผลการทดลองไปประยุกต์ใช้กับโรงเรือนเลี้ยงม้าในเขตภูมิอากาศต่าง ๆ และเสนอแนวทางการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าที่ก่อให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพ

ผลการสำรวจลักษณะทางกายภาพของโรงเรือนพบว่า ปัญหาของโรงเรือนคือความร้อนสะสมภายในโรงเรือนเนื่องจากการไหลเวียนของอากาศที่ไม่เพียงพอ ซึ่งจะเห็นได้จากอุณหภูมิภายในโรงเรือนมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก ทำให้เกิดความไม่สบายเชิงอุณหภาพสำหรับม้า และยังพบว่าช่องเปิดของคอกม้า และทิศทางการวางอาคารมีผลต่ออุณหภูมิอากาศและความเร็วลมภายในคอกม้า

ผลการทดลองขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดบนผนังคอกม้า พบว่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกที่ 50:50 เมื่อผนังสูง 3.00 เมตร และ 2.45 เมตร มีค่าความเร็วลม

Ref. code: 256059160301161QY

ใกล้เคียงกัน สามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยได้ 0.375 องศาเซลเซียส แต่เมื่อผนังสูง 2.45 เมตร ทำให้เกิดสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิที่มากกว่า มีการกระจายตัวของลมที่ดีกว่า และเป็นผลการทดลองที่ดีที่สุด เมื่อนำแนวทางที่ได้จากการทดลองมาใช้กับโรงเรือนเลี้ยงม้าในเขตภูมิอากาศต่าง ๆ พบว่า ในเขตอากาศร้อน-ชื้น อากาศมีอุณหภูมิ และความชื้นสูง ทั้งในฤดูร้อน และฤดูหนาว การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติเพียงอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพ ส่วนในเขตอากาศร้อน-แห้ง อากาศมีอุณหภูมิ และความชื้นต่ำกว่า สามารถทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพได้ทั้งในฤดูร้อน และฤดูหนาว สำหรับเขตอากาศหนาว อุณหภูมิอากาศในฤดูร้อนต่ำ และต่ำมากในฤดูหนาว สามารถเกิดความสบายเชิงอุณหภาพได้ ทั้งนี้ควรใช้อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกที่เล็กที่สุด เพื่อเพิ่มความอบอุ่นแก่ม้า และป้องกันลมเย็นที่เข้าสู่โรงเรือนในฤดูหนาว

คำสำคัญ: ความสบายเชิงอุณหภาพสำหรับม้า, โรงเรือนเลี้ยงม้า, การระบายอากาศธรรมชาติ, ช่องเปิดผนัง

Ref. code: 256059160301161QY

Thesis Title	STABLE DESIGN FOR HORSE THERMAL COMFORT
Author	Miss Wilasinee Srisuwan
Degree	Master of Architecture
Major Field/Faculty/University	Architecture Architecture and Planning Thammasat University
Thesis Advisor	Associate Professor Chalermwat Tantasavasdi
Academic Years	2017

ABSTRACT

The aim of this survey and experiment research was to study a stable design for making horse thermal comfort. The survey was conducted to study 4 variables pertaining to horse thermal comfort, i.e., stable physical descriptions, air temperature, relative humidity, and air velocity. A simulation with the 4 variables to find the best sample of standard stable design by a computational fluid dynamic program, PHOENICS. The survey showed that 2 factors that most affected horse thermal comfort were air velocity and air temperature. The experiment was conducted to study air velocity affecting horse thermal comfort by setting size and locating of the wall opening. The 2 opening sizes of 20% and 50% of the wall area which located at the center of the wall area were designed in the experiment. The experiment was divided into 2 groups by a height of wall area, i.e., 2.45 meter and 3.00 meter. The experiment findings were applied to stables of different climates. The stable design for horse thermal comfort guidelines were proposed.

The stable physical conditions' survey showed that an uncomfortable conditions for horses in the stable caused by heat accumulation in the stable. The heat accumulation caused by poor air ventilation, i.e., the stable's air temperature of indoor was higher than outdoor. Moreover, it was found that the wall opening and

Ref. code: 256059160301161QY

building orientation were the factors directly affected temperature and air velocity in the stable.

The experiment by setting size and locating of the stable's wall opening showed that the 2 groups of 2.45-meter wall height, and 3.00-meter wall height with the ratio of inlet and outlet wall opening size of 50:50 gave approximately equal value of air velocity and 0.375 degree Celsius of average temperature decreasing. However, the group of 2.45-meter wall height represented the best solution because it gave more area of temperature reduction and better air distribution. When the stable design guidelines were applied to the stables at different climates, it was found that the single natural ventilation was not sufficient for making thermal comfort in tropical climate because of its high temperature and humidity in summer and winter. But it was sufficient for making thermal comfort in dry climate and moderate climate because of their low temperature and humidity in summer and winter. However, because the temperature of the moderate climate in summer was low and very low in the winter, the smallest ratio of inlet and outlet wall opening size was recommended in winter to make horse warmer and to prevent cold wind.

Keywords: Horse Thermal Comfort, Horse Stable, Natural Ventilation, Wall opening

Ref. code: 256059160301161QY

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ตันสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. สุดาภรณ์ สุดประเสริฐ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภัทรนันท์ ทักขนนท์ กรรมการวิทยานิพนธ์ ซึ่งคอยให้คำปรึกษาต่างๆ ตลอดการทำวิทยานิพนธ์

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะอาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำปรึกษาต่าง ๆ สโมสรโรดิโอฮอร์สคลับ สโมสรเซ็ตเมสฮอร์สคลับ โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟีนิกซ์ บาย เคพี และ สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ให้เข้าเก็บข้อมูลโรงเรือนเลี้ยงม้า ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และบุคลากรทุกท่านที่ช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย และสุดท้ายขอขอบคุณครอบครัวที่คอยให้กำลังใจจนสามารถทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นางสาววิลาสินี ศรีสุวรรณ

Ref. code: 256059160301161QY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ความสบายเชิงอุณหภาพ	4
2.1.1 ความหมายความสบายเชิงอุณหภาพ	4
2.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความสบายเชิงอุณหภาพ	4
2.1.2.1 ตัวแปรทางสภาพแวดล้อม	4
2.1.2.2 ตัวแปรทางด้านบุคคล	8
2.1.2.3 ตัวแปรทางด้านบุคคล	8

Ref. code: 256059160301161QY

2.2 ม้า 8
2.2.1 ลักษณะชีววิทยา 8
2.2.2 ลักษณะทางกายภาพ 8
2.3 ความสบายเชิงอุณหภาพสำหรับม้า 9
2.3.1 การศึกษาความสบายเชิงอุณหภาพสำหรับม้า 9
2.3.2 กระบวนการระบายความร้อน 10
2.3.2.1 การระเหย 10
2.3.2.2 การนำความร้อน 10
2.3.2.3 การพาความร้อนและการแผ่รังสี 10
2.3.3 ภาวะความเครียดจากความร้อน 11
2.3.4 การลดภาวะความเครียดจากความร้อน 14
2.3.4.1 รังสีความร้อน 14
2.3.4.2 ความชื้น 14
2.3.4.3 ความเร็วลม 14
(1) ความเร็วลมในโรงเรือนเลี้ยงสุกร 14
(2) ความเร็วลมในโรงเรือนเลี้ยงวัว 15
(3) ความเร็วลมในโรงเรือนสัตว์ปีก 16
(4) ความเร็วลมในโรงเรือนเลี้ยงม้า 16
2.3.5 อิทธิพลที่มีผลต่อดัชนีความสบาย Wet Bulb Globe Temperature 17
2.3.5.1 อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย 18
2.3.5.2 อุณหภูมิอากาศ 19
2.3.5.3 ความเร็วลม 20
2.4 โรงเรือนเลี้ยงม้า 21
2.4.1 มาตรฐานโรงเรือน 21
2.4.2 วัสดุโรงเรือน 22
2.4.3 อุปกรณ์ภายในคอกม้า 22
2.4.4 รูปแบบผัง หลังคา และช่องเปิดหลังคาโรงเรือน 24
2.4.5 คุณภาพอากาศโรงเรือน 25

Ref. code: 256059160301161QY

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 27

3.1 วิธีการวิจัย 27
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 27
3.3 กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย 27
3.4 ขั้นตอนการวิจัย 28
3.5 การศึกษาโรงเรือนเลี้ยงม้ากรณีศึกษา 28
3.6 โรงเรือนจำลองตัวอย่าง 29
3.7 ชุดการทดลอง 31

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 41

4.1 โรงเรือนเลี้ยงม้ากรณีศึกษา 41
4.1.1 โรงเรือนกรณีศึกษาที่ 1 สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ 41
4.1.2 โรงเรือนกรณีศึกษาที่ 2 โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี 43
4.1.3 โรงเรือนกรณีศึกษาที่ 3 สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ 45
4.1.4 โรงเรือนกรณีศึกษาที่ 4 สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ 47
4.2 การจำลองการไหลของอากาศของโรงเรือนกรณีศึกษา 51
4.2.1 โรงเรือนกรณีศึกษาที่ 2 โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี 51
4.2.2 โรงเรือนกรณีศึกษาที่ 3 สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ 52
4.3 สรุปผลการเก็บข้อมูล และการจำลองการไหลของอากาศของโรงเรือนกรณีศึกษา 53
4.3.1 ลักษณะทางกายภาพของโรงเรือน 54
4.3.2 การวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน 55
4.4 การจำลองการไหลอากาศของขนาด และตำแหน่งช่องเปิด 55
4.4.1 การทดลองผลของขนาดช่องเปิดที่มีผลต่อความเร็วลมภายในคอกม้า 55
4.4.1.1 การทดลองเมื่อกำหนดผนังคอกม้าสูง 2.45 เมตร *55*
4.4.1.2 การทดลองเมื่อกำหนดผนังคอกม้าสูง 3.00 เมตร 63
4.4.1.3 เปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อความสูงผนังต่างกัน 71
4.4.2 การทดลองผลของตำแหน่งช่องเปิดที่มีผลต่อความเร็วลมภายในคอกม้า 74

Ref. code: 256059160301161QY

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 78

5.1 สรุปผลการวิจัย 78
5.1.1 ศึกษาผลของขนาด และตำแหน่งช่องเปิดบริเวณผนังคอกม้า 78
5.1.1.1 สรุปผลการศึกษาโรงเรือนเลี้ยงม้ากรณีศึกษา 78
5.1.1.2 สรุปผลการทดลองขนาดช่องเปิดโรงเรือน 80
5.1.1.3 เปรียบเทียบผลการทดลองผนังคอกม้าสูง 2.45 และ 3.00 เมตร 81
5.1.1.4 สรุปผลการทดลองตำแหน่งช่องเปิดโรงเรือน 82
5.1.1.3 เปรียบเทียบผลการทดลองผนังคอกม้าสูง 2.45 และ 3.00 เมตร 81
5.1.2 ศึกษาการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าเพื่อความสบายเชิงอุณหภาพ 82
5.1.2.1 โรงเรือนเลี้ยงม้าในเขตภูมิอากาศร้อน-ชื้น 83
5.1.2.2 โรงเรือนเลี้ยงม้าในเขตภูมิอากาศร้อน-แห้ง 86
5.1.2.3 โรงเรือนเลี้ยงม้าในเขตภูมิอากาศหนาว 87
5.2 แนวทางการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้า 90
5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัย 90

รายการอ้างอิง 92

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก 96
ประวัติผู้เขียน 108

Ref. code: 256059160301161QY

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและความสบายเชิงอุณหภาพ 5

2.2 ตารางแสดงการคำนวณมุมกระทำ 7

2.3 ตารางแสดงสัญญาณภาวะความเครียดจากความร้อน 11

2.4 ตารางแสดงค่าดัชนีความสบายและประสิทธิภาพการระบายความร้อนของม้า 12

2.5 ตารางแสดงค่าดัชนี WBGT และคำแนะนำต่อประสิทธิภาพการระบายความร้อนของม้า 13

2.6 ตารางแสดงช่วงของความเร็วลมที่มีผลกับอุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลง 16

2.7 ตารางแสดงความเร็วลมต่ออุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลง 17

2.8 ตารางแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ยกับค่าดัชนีความสบาย 18

2.9 ตารางแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิอากาศกับค่าดัชนีความสบาย 19

2.10 ตารางแสดงความเร็วลมและอุณหภูมิอากาศในขอบเขตความสบาย 20

2.11 ตารางแสดงขนาดคอกที่เหมาะสมกับประเภทของม้า 21

2.12 ตารางแสดงรูปแบบการวางผังโรงเรือน 24

2.13 ตารางแสดงรูปแบบหลังคาโรงเรือน 25

2.14 ตารางแสดงรูปแบบช่องเปิดหลังคาโรงเรือน 25

2.15 ตารางแสดงค่ามาตรฐานสารปนเปื้อนในอากาศในโรงเรือน 24

2.16 ตารางแสดงค่ามาตรฐานสารปนเปื้อนในอากาศในโรงเรือน 26

4.1 ตารางแสดงอุณหภูมิพื้นผิววัสดุสโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ 43

4.2 ตารางแสดงอุณหภูมิพื้นผิววัสดุโรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี 45

4.3 ตารางแสดงอุณหภูมิพื้นผิววัสดุสโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ 47

4.4 ตารางแสดงอุณหภูมิพื้นผิววัสดุสโมสรขี่ม้าปิยะชาติ 49

4.5 ตารางแสดงรูปแบบผัง หลังคา และช่องเปิดหลังคาโรงเรือน 49

4.6 ตารางแสดงรายละเอียดขนาดโรงเรือน 49

4.7 ตารางแสดงวัสดุโรงเรือน 50

4.8 ตารางแสดงอุณหภูมิพื้นผิว 50

4.9 ตารางแสดงอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ช่วงเวลา 13:00น. 50

4.10 ตารางแสดงผลการทดลองของอัตราส่วนช่องเปิด ผนังสูง 2.45 เมตร 58

4.11 ตารางเปรียบเทียบทดลองผลของอัตราส่วนช่องเปิด ผนังสูง 2.45 เมตร 60

Ref. code: 256059160301161QY

4.12 ตารางแสดงผลการทดลองของอัตราส่วนช่องเปิด ผนังสูง 3.00 เมตร 66
4.13 ตารางเปรียบเทียบทดลองผลของอัตราส่วนช่องเปิด ผนังสูง 3.00 เมตร 68
4.14 ตารางแสดงผลการทดลองของตำแหน่งช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออก 75
4.15 ตารางเปรียบเทียบทดลองผลของอัตราส่วนช่องเปิด ผนังสูง 2.45 เมตร 76
5.1 ตารางแสดงความเร็วลมต่ออุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลง 83
5.2 ตารางแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิ และค่าดัชนีความสบายของประเทศไทย 84
5.3 ตารางแสดงผลการประยุกต์ใช้กับภูมิอากาศประเทศไทย (ฤดูร้อน) 84
5.4 ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อประยุกต์ใช้กับภูมิอากาศประเทศไทย (ฤดูหนาว) 85
5.5 ตารางแสดงประสิทธิภาพแผ่นรังผึ้งที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ๆ 85
5.6 ตารางแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิ และค่าดัชนีความสบายของประเทศออสเตรเลีย 86
5.7 ตารางแสดงผลเมื่อประยุกต์ใช้กับภูมิอากาศประเทศออสเตรเลีย (ฤดูร้อน) 86
5.8 ตารางแสดงผลเมื่อประยุกต์ใช้กับภูมิอากาศประเทศออสเตรเลีย (ฤดูหนาว) 87
5.9 ตารางแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิ และค่าดัชนีความสบายของประเทศเยอรมนี 88
5.10 ตารางแสดงผลเมื่อประยุกต์ใช้กับภูมิอากาศประเทศเยอรมนี (ฤดูร้อน) 88
5.11 ตารางแสดงผลเมื่อประยุกต์ใช้กับภูมิอากาศประเทศเยอรมนี (ฤดูหนาว) 89

Ref. code: 256059160301161QY

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ภาพแสดงการคำนวนมุมกระทำจากผิววัสดุทั้ง 6 ด้าน กับจุดที่วัด 7

2.2 ภาพแสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับอุณหภูมิที่สุกรรู้สึกลดลง 15

2.3 ภาพแสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับอุณหภูมิที่วัวรู้สึกลดลง 15

2.4 ภาพแสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับอุณหภูมิที่สัตว์ปีกรู้สึก 16

2.5 ภาพแสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับอุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลง 17

2.6 กราฟแสดงอิทธิพลของอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยกับค่าดัชนีความสบาย 18

2.7 กราฟแสดงอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศกับค่าดัชนีความสบาย 19

2.8 กราฟแสดงอิทธิพลของความเร็วลมกับค่าดัชนีความสบาย 20

3.1 ภาพแสดงผังคอกม้าและจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิผนังทั้ง 4 ด้าน 29

3.2 ผังโรงเรือนจำลองตัวอย่าง 30

3.3 รูปด้านหน้าและ รูปด้านข้างโรงเรือนจำลองตัวอย่าง 30

3.4 ภาพแสดงตำแหน่งคอกม้าด้านลมเข้า คอกม้าดานลมออก และจุดที่ทำการวัดผล 31

3.5 ค่าความผิดพลาดและความเสถียรของผลการทดสอบจากโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล 31

3.6 ผัง และรูปด้านโรงเรือน อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกที่ 20:20 ผนังสูง 2.45 เมตร 33

3.7 ผัง และรูปด้านโรงเรือน อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกที่ 20:50 ผนังสูง 2.45 เมตร 33

3.8 ผัง และรูปด้านโรงเรือน อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกที 50:20 ผนังสูง 2.45 เมตร 34

3.9 ผัง และรูปด้านโรงเรือน อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกที 50:50 ผนังสูง 2.45 เมตร 34

3.10 ผัง และรูปด้านโรงเรือน อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกที่ 20:20 ผนังสูง 3.00 เมตร 35

3.11 ผัง และรูปด้านโรงเรือน อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกที่ 20:50 ผนังสูง 3.00 เมตร 36

3.12 ผัง และรูปด้านโรงเรือน อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกที่ 50:20 ผนังสูง 3.00 เมตร 36

Ref. code: 256059160301161QY

3.13 ผัง และรูปด้านโรงเรือน อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกที่ 50:50 ผนังสูง 3.00 เมตร 37
3.14 ภาพแสดงจุดที่ทำการตั้งเครื่องมือวัดภายในและภายนอกโรงเรือน และการจำลองโรงเรือนในโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล 37
3.15 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในโรงเรือนและ อุณหภูมิที่วัดได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี 38
3.16 กราฟเปรียบเทียบความเร็วลมภายในโรงเรือนและ ความเร็วลมที่วัดได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี 38
3.17 ภาพแสดงจุดที่ทำการตั้งเครื่องมือวัดภายในและภายนอกโรงเรือน และการจำลองโรงเรือนในโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล 39
3.18 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในโรงเรือนและ อุณหภูมิที่วัดได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช็คเมสฮอร์ทคลับ 39
3.19 กราฟเปรียบเทียบความเร็วลมภายในโรงเรือนและ ความเร็วลมที่วัดได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช็คเมสฮอร์ทคลับ 40
4.1 โรงเรือนเลี้ยงม้า สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ 41
4.2 ผังพื้นโรงเรือนเลี้ยงม้า สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ 41
4.3 ลักษณะคอกม้าและทิศทางการเคลื่อนที่ของลมเมื่อผ่านบริเวณคอกม้า สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ 42
4.4 รูปตัดโรงเรือนด้านสั้นและด้านยาว สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ 42
4.5 โรงเรือนเลี้ยงม้า โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี 43
4.6 ผังพื้นโรงเรือนเลี้ยงม้า โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี 43
4.7 ลักษณะคอกม้าและทิศทางการเคลื่อนที่ของลมเมื่อผ่านบริเวณคอกม้า โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี 44
4.8 รูปตัดโรงเรือนด้านสั้นและด้านยาว โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี 44
4.9 โรงเรือนเลี้ยงม้า สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ 45
4.10 ผังพื้นโรงเรือนเลี้ยงม้า สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ 45
4.11 ลักษณะคอกม้าและทิศทางการเคลื่อนที่ของลมเมื่อผ่านบริเวณคอกม้า สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ 46
4.12 รูปตัดโรงเรือนด้านสั้นและด้านยาว สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ 46
4.13 โรงเรือนเลี้ยงม้า สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ 47

Ref. code: 256059160301161QY

4.14 ผังพื้นโรงเรือนเลี้ยงม้า สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ 47
4.15 ลักษณะคอกม้าและทิศทางการเคลื่อนที่ของลมเมื่อผ่านบริเวณคอกม้า สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ 48
4.16 รูปตัดโรงเรือนด้านสั้นและด้านยาว สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ 48
4.17 ภาพจำลองการเคลื่อนที่ของอากาศภายในโรงเรือน โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี51
4.18 ภาพแสดงอุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลงภายในโรงเรือน โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี 51
4.19 ภาพจำลองอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือน สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ 52
4.20 ภาพแสดงอุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลงภายในโรงเรือน สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ 52
4.21 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 55
4.22 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 55
4.23 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:50 56
4.24 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:50 56
4.25 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:20 56
4.26 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:20 57
4.27 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:50 57
4.28 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:50 57
4.29 ภาพแสดงความเร็วลมเฉลี่ย และร้อยละความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น 60
4.30 ภาพแสดงอุณหภูมิที่รู้สึกลดลงเฉลี่ย 61
4.31 ภาพแสดงร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ 62
4.32 ภาพแสดงความเร็วลมเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน 62
4.33 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 65
4.34 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 65
4.35 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:50 64

Ref. code: 256059160301161QY

4.36 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:50 64
4.37 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:20 64
4.38 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:20 65
4.39 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:50 65
4.40 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:50 65
4.41 ภาพแสดงร้อยละความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น 68
4.42 ภาพแสดงอุณหภูมิที่รู้สึกลดลงเฉลี่ย 69
4.43 ภาพแสดงร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ 70
4.44 ภาพแสดงความเร็วลมเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน 70
4.45 ภาพเปรียบเทียบร้อยละความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้นเมื่อผนังสูง 2.45 เมตร และ 3 เมตร 71
4.46 ภาพเปรียบเทียบอุณหภูมิที่รู้สึกลดลงเฉลี่ยเมื่อผนังสูง 2.45 เมตร และ 3 เมตร 72
4.47 ภาพเปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิเมื่อผนังสูง 2.45 เมตร และ 3 เมตร 72
4.48 ภาพเปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ความแปรผันเมื่อผนังสูง 2.45 เมตร และ 3 เมตร 73
4.49 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 ปรับตำแหน่งผนังคอกริม 74
4.50 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 ปรับตำแหน่งผนังคอกริม 74
4.51 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 แบ่งช่องเปิด 2 ช่อง 75
4.52 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 แบ่งช่องเปิด 2 ช่อง 75
4.53 ผลการทดลองเปรียบเทียบเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 ปรับตำแหน่งคอกม้าคอกริม และแบ่งช่องเปิด 2 ช่อง 77

Ref. code: 256059160301161QY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ม้าเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความเกี่ยวข้องกับมนุษย์มาตั้งแต่สมัยโบราณ ในอดีตมนุษย์ใช้ม้าเป็นพาหนะในการเดินทาง บรรทุกสิ่งของ การทหารและศึกสงคราม ปัจจุบันมนุษย์ใช้ประโยชน์จากม้าหลากหลายด้านมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ประโยชน์ทางด้านกีฬา การใช้ม้าเพื่อการแข่งขันกีฬาประเภทต่าง ๆ การขี่ม้าเพื่อการออกกำลังกาย ประโยชน์ทางด้านธุรกิจ เช่น การเพาะพันธุ์และพัฒนาสายพันธุ์ของม้า การเรียนการสอนขี่ม้าตั้งแต่ขั้นเริ่มต้นไปจนถึงระดับกีฬา เป็นต้น ประโยชน์ทางด้านวิทยาศาสตร์และการแพทย์ ใช้ม้าการผลิตเซรุ่มแก้พิษงู การขี่ม้าบำบัด ยกตัวอย่างเช่น อาการสมาธิสั้น ออทิสติก เป็นต้น ประโยชน์ทางด้านการท่องเที่ยว เช่น การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ ขี่ม้าชมภูมิประเทศ นั่งรถม้าชมเมือง และยังมีประโยชน์ในด้านอื่น ๆ อีกเช่น การใช้ม้าในงานพระราชพิธีสำคัญ ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ที่ดีสำหรับม้า ปัจจัยที่จะทำให้ม้ามีคุณภาพชีวิตที่ดีได้คือ น้ำ อาหาร และที่อยู่อาศัยหรือโรงเรือน โรงเรือนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากเพราะเป็นที่อยู่อาศัยและทำกิจกรรมต่างๆสำหรับม้าเกือบตลอดทั้งวัน โรงเรือนที่ดีจะต้องมีคุณภาพอากาศที่ดี มีการระบายอากาศที่เหมาะสม มีการออกแบบตามมาตรฐานของโรงเรือนและใช้วัสดุที่แข็งแรงทนทานรวมไปถึงการจัดการการใช้งานและระบบสุขาภิบาลที่ดี

จากการสำรวจโรงเรือนเลี้ยงม้าจำนวน 4 แห่งในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑลโดยเป็นโรงเรือนที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ พบว่าโรงเรือนเลี้ยงม้าไม่ได้ออกแบบตามมาตรฐานทั้งหมด มีการดัดแปลงเพื่อให้เหมาะสมแก่การใช้งานตามบริบทและสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ความร้อนสะสมภายในโรงเรือนเนื่องจากการไหลเวียนของอากาศที่ไม่เพียงพอเป็นปัญหาที่พบมากที่สุด อุณหภูมิภายในโรงเรือนมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกทำให้เกิดความไม่สบายเชิงอุณหภาพสำหรับม้า ประเทศไทยอยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น สภาพอากาศโดยทั่วไปจะร้อนอบอ้าวเกือบตลอดทั้งปี อุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าประมาณ 27 องศาเซลเซียส ฤดูร้อนอุณหภูมิเฉลี่ย 35-39 องศาเซลเซียส และอาจถึงร้อนจัดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในปัจจุบันทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทยยังคงมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้น (ผลการคาดการณ์อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยประเทศไทย พ.ศ. 2560 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าปกติ พ.ศ. 2524-2553, กรมอุตุนิยมวิทยา) ปัญหาความร้อนสะสมในโรงเรือนดังกล่าวส่งผลเสียต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตของม้าในระยะยาวโดยที่ม้ามีการแสดงออกทางพฤติกรรมเมื่อเกิดภาวะความเครียดจากความร้อน (Heat Stress) ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานในด้านต่าง ๆ ลดลง เช่น ม้ากีฬามีช่วงอายุในการแข่งขันที่สั้นลง การเพาะพันธุ์และพัฒนาสายพันธุ์ม้าทำได้ยากขึ้น เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาแนวทางในการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าที่เหมาะสมกับเขตภูมิอากาศร้อนชื้นรวมไปถึงเขตภูมิอากาศต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัย

Ref. code: 256059160301161QY

จากการสำรวจโรงเรือนเลี้ยงม้า และปัญหาที่พบ กล่าวได้ว่าตัวแปรที่มีผลต่อความสบายเชิงอุณหภาพได้แก่ อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ยจากวัสดุภายในโรงเรือน อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลมภายในโรงเรือน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าที่ทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพ โดยการระบายอากาศด้วยวิธีการทางธรรมชาติ คือการทดลองตัวแปร ขนาด และตำแหน่งช่องเปิดบริเวณผนังคอกม้า ศึกษาความเร็วลมที่เกิดขึ้นภายในคอกม้าเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าในเขตภูมิอากาศต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1.2.1 ศึกษาผลของขนาด และตำแหน่งช่องเปิดบริเวณผนังคอกม้าที่มีผลต่อความเร็วลมและอุณหภูมิภายในคอกม้า

1.2.2 ศึกษาการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าเพื่อความสบายเชิงอุณหภาพ และประยุกต์ใช้ในเขตภูมิอากาศต่างๆ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาโรงเรือนเลี้ยงม้าบริเวณชานเมืองในเขตกรุงเทพ ฯ และปริมณฑลจำนวน 4 แห่ง โดยเป็นโรงเรือนเลี้ยงม้าที่มีการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ

1.3.2 ทดสอบการทดลองด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของอากาศหรือความเร็วลม

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ศึกษาโรงเรือนเลี้ยงม้าจำนวน 4 แห่งในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลเพื่อเป็นตัวแทนของโรงเรือนที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติในเขตภูมิอากาศร้อน-ชื้น โดยเก็บข้อมูลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อความสบายเชิงอุณหภาพ ได้แก่ ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของโรงเรือน อุณหภูมิอากาศ ความเร็วลม และความชื้น

Ref. code: 25605916030116IQY

1.4.3 ศึกษาและเปรียบเทียบตัวตัวแปรที่มีผลต่อความสบายเชิงอุณหภาพของโรงเรือน กรณีศึกษาเพื่อกำหนดรูปแบบของโรงเรือนจำลองตัวอย่างในการทดสอบ

1.4.4 ทำการทดสอบตัวแปรขนาด และตำแหน่งช่องเปิดบริเวณผนังคอกม้ากับโรงเรือนจำลองตัวอย่างด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเพื่อพิจารณาความสบายเชิงอุณหภาพ

1.4.5 วิเคราะห์ผลการทดลองและนำผลที่ได้จากการทดสอบไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าในเขตภูมิอากาศต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ประโยชน์ต่อผู้ประกอบการและเจ้าของธุรกิจ เพื่อโรงเรือนเลี้ยงม้าที่มีประสิทธิภาพและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นของม้า

1.5.2 ประโยชน์ต่อสถาปนิกและผู้ออกแบบ เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าที่ทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพ

Ref. code: 256059160301161QY

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสบายเชิงอุณหภาพ (Thermal Comfort)

2.1.1 การศึกษาความสบายเชิงอุณหภาพสำหรับม้า จำเป็นที่จะต้องศึกษาเกี่ยวกับความสบายเชิงอุณหภาพสำหรับมนุษย์ เพื่อศึกษาตัวแปรต่าง ๆ รวมไปถึงสมการ และวิธีการคำนวณตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความสบายเชิงอุณหภาพ และนำมาเปรียบเทียบ ประยุกต์ใช้กับการศึกษาความสบายเชิงอุณหภาพสำหรับม้า ความหมายของความสบายเชิงอุณหภาพคือ สภาพอากาศที่ทำให้มนุษย์อยู่ในภาวะสบายโดยที่อากาศมีอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลมที่เหมาะสม ไม่ทำให้ร่างกายรู้สึกร้อนหรือหนาวเกินไป สามารถรักษาสมดุลของอุณหภูมิร่างกายให้คงที่โดยที่ไม่มีเหงื่อ และไม่มีไอน้ำในอากาศมากหรือน้อยจนเกินไป การระเหยของเหงื่อเป็นกลไกในการรักษาสมดุลของอุณหภูมิร่างกายมนุษย์ซึ่งปกติอยู่ที่ประมาณ 37 องศาเซลเซียส ±0.5 องศาเซลเซียส ด้วยการรักษาอัตราการผลิตความร้อนให้เท่ากับอัตราการระบายความร้อนออก การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยในการกำหนดความรู้สึกสบายในอาคาร มนุษย์ผลิตความร้อนเนื่องจากการทำงาน จำเป็นต้องมีการระบายความร้อนอย่างเหมาะสม หากความร้อนไม่สามารถระบายออกจากร่างกายได้มีผลทำให้เกิดความไม่สบายและอึดอัด โดยปัจจัยที่มีผลต่อการระบายความร้อนที่สำคัญต่อความรู้สึกสบาย เช่น ถ้าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูง การระบายความร้อนจะเกิดขึ้นน้อย ความเร็วลมจะช่วยพาความร้อนออกจากผิวหนังของมนุษย์โดยที่ความเร็วลมจะต้องไม่มากเกินและทำให้เกิดการรบกวนจนรู้สึกไม่สบาย (Szokolay, 1987)

2.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความสบายเชิงอุณหภาพ

2.1.2.1 ตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อม

(1) อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature, T_a) คืออุณหภูมิของอากาศที่วัดได้จากเทอร์มอมิเตอร์

(2) การเคลื่อนที่ของอากาศ (Air Velocity, V) ลมจะช่วยพัดพาและทำให้เกิดการระบายความร้อนและความชื้นบริเวณผิวหนัง มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงเมื่อความเร็วลมมากขึ้น โดยจะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 0.4 องศาเซลเซียส เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นประมาณ 0.28 เมตรต่อวินาที โดยที่ความเร็วลมต้องไม่รบกวนกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งก่อให้เกิดความไม่สบายได้ดังตารางที่ 2.1 ความเร็วลมเฉลี่ย และการกระจายตัวของลมวัดค่าได้โดยสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ความแปรผันดังสมการที่ 1 และ สมการที่ 2

$$Cv = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{Vi}{Vr}\right) \qquad \text{สมการที่ 1}$$

Ref. code: 25605916030116IQY

Cv คือ สัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ย

Vi คือ ความเร็วลม ณ ตำแหน่งที่ทำการวัด

Vr คือ ความเร็วลมตั้งต้น ณ ระดับความสูงที่ทำการวัด

V คือ จำนวนตำแหน่งที่ทำการวัด

$$Csv = \frac{\sigma(Vi)}{(Vr)(Cv)}$$ สมการที่ 2

Csv คือ สัมประสิทธิ์ความแปรผัน

Cv คือ สัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ย

Vr คือ ความเร็วลมตั้งต้น ณ ระดับความสูงที่ทำการวัด

σ(Vi) คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วลมเฉลี่ย

ตารางที่ 2.1

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและความสบายเชิงอุณหภาพ

ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	**ความรู้สึกในการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (องศาฟาเรนไฮต์)**	**ผลที่อาจเกิดขึ้น**
0 - 0.254	ไม่มีความเปลี่ยนแปลงในความรู้สึกน่าสบาย	ไม่สามารถสังเกตได้
0.254 - 0.508	ต่ำลง 2-3	สบาย
0.508 - 1.016	ต่ำลง 4-5	โดยทั่วไปรู้สึกสบาย แต่รู้สึกได้ว่ามีการเคลื่อนไหวของอากาศ
1.016 - 1.524	ต่ำลง 5-7	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อย จนถึงรู้สึกรบกวน
สูงกว่า 1.524	ต่ำลงมากกว่า 5-7	รบกวนการทำงาน

ที่มา: Olgyay, 1992

(3) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity, Rh) คือสัดส่วนของความชื้นในอากาศเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสูงสุดที่อากาศสามารถมีความชื้นได้โดยปราศจากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ (Condensation) จะแสดงในรูปของร้อยละ ความชื้นที่มากจนเกินไปจะมีผลต่อการระเหยของเหงื่อซึ่งก่อให้เกิดความไม่สบายได้

(4) อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย (Mean Radiant Temperature, MRT) คือค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผนัง เพดาน และพื้นห้องที่มีผลต่อการแผ่รังสีความร้อน เมื่อมนุษย์ได้รับความร้อนจาก

Ref. code: 256059160301161QY

การแผ่รังสีอาจทำให้รู้สึกไม่สบายแม้ว่าอุณหภูมิอากาศจะอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม การถ่ายโอนพลังงานความร้อน (Heat Transfer) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) คือการถ่ายเทความร้อนทุกทิศทุกทางจากวัตถุที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูง โดยอุณหภูมิการแผ่รังสีขึ้นอยู่กับค่าการแผ่รังสีของวัสดุ (Emissivity) เช่น สีวัสดุ และผิววัสดุ การพาความร้อน (Convection) คือการถ่ายโอนความร้อนผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวหรือแก๊ส เช่น การหายใจแลกเปลี่ยนความร้อนในอากาศ และการระเหยของเหงื่อทางผิวหนัง (Sweating) ส่วนการนำความร้อน (Conduction) คือการถ่ายเทพลังงานความร้อนภายในวัตถุหนึ่งหรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกัน โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำโดยที่ตัวกลางไม่มีการเคลื่อนที่ เช่น การถ่ายเทความร้อนกับพื้นดิน

สมการแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศและความเร็วลมกับอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ยที่วัดได้โดยเครื่องมือวัดอุณหภูมิชนิดโกลบ

$$MRT=\left[(Tg+273)^4+\frac{1.1\times10^8 V}{\varepsilon D^{0.4}}(Tg-Tdb)\right]^{1/4}-273 \qquad \text{สมการที่ 3}$$

MRT คือ อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature, °C)

T_g คือ อุณหภูมิโกลบ (Black Globe Temperature, °C)

T_{db} คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งหรืออุณหภูมิอากาศ (Dry Bulb Temperature/Air Temperature, °C)

V คือ ความเร็วลม (Air Velocity, m/s)

สมการแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิววัสดุบริเวณโดยรอบกับอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย โดยการคำนวณอุณหภูมิพื้นผิวและมุมกระทำที่กระทำต่อจุดที่วัดดังภาพที่ 2.1

$$MRT^4= t_1^4F_{p-1}+t_2^4F_{p-2}+\ldots+t_N^4F_{p-N} \qquad \text{สมการที่ 4}$$

MRT คือ อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature, K)

t_N คือ อุณหภูมิพื้นผิววัสดุ (Surface Temperature, K)

F_{p-N} คือ มุมกระทำระหว่างจุดที่วัดกับผิววัสดุที่ N

Ref. code: 25605916030116IQY

$$F_{p\text{-}N} = F_{max}(1\text{-}e^{-(a/c)/\tau})\ (1\text{-}e^{-(b/c)/\gamma}) \qquad \text{สมการที่ 5}$$

$F_{p\text{-}N}$ คือ มุมกระทำระหว่างจุดที่วัดกับผิววัสดุที่ N

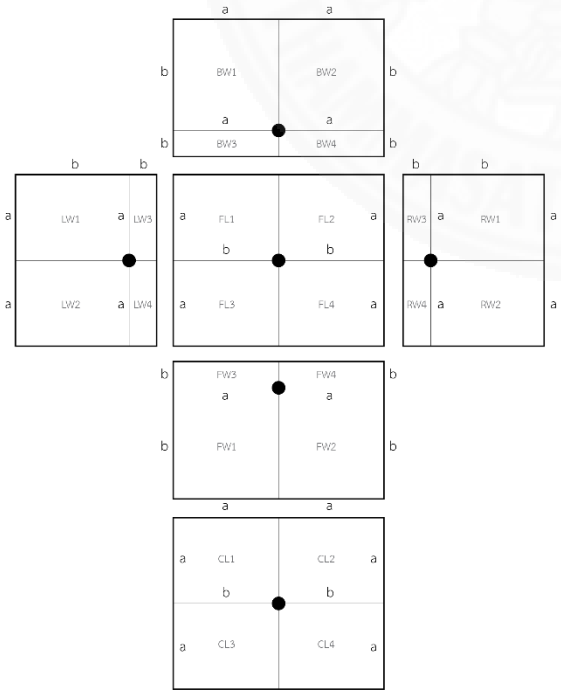
τ= A+B (a/c), γ= C+D (b/c) + E(a/c) และ ค่า A-E สามารถอ้างอิงได้จากตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2

ตารางแสดงการคำนวณมุมกระทำ

	Occupant Position	Fmax	A	B	C	D	E
Seated Person	Wall/Window facing person	0.118	1.216	0.169	0.717	0.087	0.052
	Floor/Ceiling facing person	0.116	1.396	0.130	0.951	0.080	0.055
Standing Person	Wall/Window facing person	0.120	1.242	0.167	0.616	0.082	0.051
	Floor/Ceiling facing person	0.116	1.595	0.128	1.226	0.046	0.044

ที่มา: Robert Bean, 2013



ภาพที่ 2.1 ภาพแสดงการคำนวนมุมกระทำจากผิววัสดุทั้ง 6 ด้าน กับจุดที่วัด (LW=ผนังด้านซ้าย, RW=ผนังด้านขวา, FW=ผนังด้านหน้า, BW=ผนังด้านหลัง, FL=พื้น, CL=ฝ้า)

Ref. code: 25605916030116IQY

2.1.2.2 ตัวแปรทางด้านบุคคล

(1) อัตราการเผาผลาญอาหาร (Metabolic Rate, M) มนุษย์ผลิตความร้อนเพื่อรักษาสมดุลของอุณหภูมิร่างกายให้คงที่อยู่ตลอดเวลาและต่อเนื่อง ขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ทำเช่น การเดิน การวิ่ง การนอนหลับ เป็นต้น

(2) เสื้อผ้า (Clothing) เสื้อผ้าที่สวมใส่เป็นตัวต้านทานความร้อนจากมนุษย์ไปสู่สิ่งแวดล้อม

2.1.2.3 ตัวแปรเสริม

(1) อาหารและเครื่องดื่ม

(2) การปรับตัวเข้ากับสภาพอากาศ

(3) สรีระทางด้านร่างกาย เพศ และอายุ

2.2 ม้า (Horse)

2.2.1 ลักษณะชีววิทยา (Biology) (ธีระศักดิ์ ตรัยมงคลกูล, 2543) ม้าเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่มีอายุไขเฉลี่ยที่ 25-30 ปีโดยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และสภาพแวดล้อมที่อาศัย โดยมีความสามารถในปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดีทั้งในด้านสภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ ม้าเป็นสัตว์ที่ชอบอยู่รวมกันเป็นฝูงตามธรรมชาติ และจัดเป็นสัตว์ประเภทที่เป็นฝ่ายถูกล่าจึงมีลักษณะนิสัยหวาดระแวงและตื่นตกใจได้ง่าย อารมณ์หลักของม้าจึงเป็นความกลัว ม้ามักจะปฏิเสธการปฏิบัติตามคำสั่งของมนุษย์โดยสัญชาตญาณ อย่างไรก็ตาม ม้าเป็นสัตว์ที่ฉลาดและสามารถเรียนรู้ได้โดยความสัมพันธ์ (Learning By Association) และความจำ (Memory) พฤติกรรม และลักษณะนิสัยของม้าเป็นสิ่งที่ผู้เลี้ยงม้าจำเป็นจะต้องทำความเข้าใจ เพื่อดูแลทั้งในด้านจิตใจ สภาพแวดล้อมเพื่อสุขภาพที่ดี และการใช้ประโยชน์จากม้าอย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.2 ลักษณะทางกายภาพ (Physical) การแบ่งประเภทของม้าสามารถแบ่งได้โดยใช้เกณฑ์ในการแบ่งได้ดังนี้

2.2.2.1 คำศัพท์ที่ใช้เรียกม้าตามอายุ

(1) Colt ม้ารุ่นเพศผู้อายุ 1-4 ปี

(2) Filly ม้ารุ่นเพศเมียอายุ 1-4 ปี

(3) Foal ลูกม้าอายุต่ำกว่า 1 ปี

Ref. code: 256059160301161QY

(4) Gelding ม้าเพศผู้ตอน

(5) Mare แม่พันธุ์ม้าเพศเมียอายุ 4 ปีขึ้นไป

(6) Stallion พ่อพันธุ์ม้าเพศผู้อายุ 4 ปีขึ้นไป

(7) Yearling ม้ารุ่นอายุ 1-2 ปี

2.2.2.2 การแบ่งประเภทของม้าตามขนาดความสูง (Hands) โดยที่ 1 Hands มีค่าประมาณเท่ากับ 10.16 เซนติเมตร

(1) ม้าขนาดเล็กหรือม้าโพนี่ (Pony) ความสูงไม่เกิน 14.2 Hands

(2) ม้าขนาดใหญ่หรือม้า (Horse) ความสูง 14.2 Hands ขึ้นไป

2.2.2.3 การแบ่งประเภทของม้าตามสายพันธุ์ (Breed)

(1) ม้าเลือดร้อน (Hot Blood Horses) ม้าที่มีแหล่งกำเนิดในเขตร้อน ลักษณะลำตัวเรียวยาวแผงคอสั้น ทนทานต่อสภาพอากาศในเขตร้อนได้ดี ปราดเปรียว ว่องไว เหมาะสมกับการใช้งานที่ต้องอาศัยความเร็ว

(2) ม้าเลือดเย็น (Cold Blood Horses) ม้าที่มีแหล่งกำเนิดในเขตหนาว ลักษณะลำตัวใหญ่หนาแผงคอยาว ทนทานต่อสภาพอากาศที่หนาวจัด เชื่องช้า ไม่ปราดเปรียว แต่ร่างกายแข็งแรง เหมาะสมกับการใช้งานหนัก เช่น บรรทุกหรือลากสินค้า เป็นต้น

(3) ม้าเลือดอุ่น (Warm Blood Horses) พัฒนามาจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างม้าเลือดร้อนและม้าเลือดเย็นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสายพันธุ์ให้ม้ามีรูปร่างลักษณะรวมไปถึงนิสัยและพฤติกรรมที่ความเหมาะสมในการใช้งาน และมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น ม้ากีฬาที่ต้องมีลักษณะลำตัวขนาดใหญ่ แข็งแรง ในขณะเดียวกันก็ต้องการความรวดเร็วว่องไวเป็นต้น ลักษณะดังกล่าวทำให้ม้าเลือดอุ่นเป็นม้าที่นิยมใช้มากที่สุดโดยเฉพาะในประเทศไทย

2.3 ความสบายเชิงอุณหภาพสำหรับม้า (Horse Thermal Comfort)

2.3.1 การศึกษาเกี่ยวกับความสบายเชิงอุณหภาพสำหรับม้า (David J Marlin, 2007) แบ่งออกเป็นการศึกษาความสบายเชิงอุณหภาพสำหรับม้าในสภาพอากาศหนาว โดยมีการกำหนดให้ช่วงอุณหภูมิที่สบายขอบล่าง (Lower Critical Temperature) และขอบบน (Upper critical temperature) เท่ากับ 5 -

Ref. code: 25605916030116IQY

25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดและสูงสุดกำหนดให้อยู่ในช่วงร้อยละ 60-80 ความสบายเชิงอุณหภาพสำหรับม้าในสภาพอากาศร้อน หรือร้อนชื้น มีการศึกษาความสบายเชิงอุณหภาพสำหรับม้าเกี่ยวข้องกับกระบวนการระบายความร้อนออกจากร่างกายของม้า ม้าสามารถปรับตัวอยู่ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายได้ โดยอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดอยู่ในช่วง -40°C ถึง +40°C สภาพอากาศร้อนชื้นมีผลต่อกระบวนการระบายความร้อนของม้ามากกว่าสภาพอากาศหนาว งานวิจัยนี้จึงเน้นศึกษาภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิสำหรับม้าในสภาพอากาศร้อน หรือร้อนชื้น การออกกำลังกายหรือการใช้งานม้าเช่นการฝึก การขี่ และการแข่งขันในสภาพอากาศร้อน ม้าจะผลิตความร้อนจากอัตราการหมุนเวียนของเลือดถึงร้อยละ 80 และมีการสะสมความร้อนที่ต้องใช้ระยะเวลาในการลดความร้อนโดยการระบายความร้อนอยู่ที่ร้อยละ20 กระบวนการระบายความร้อนจึงมีความสำคัญต่อการรักษาสมดุลของอุณภูมิร่างกายและป้องกันการเกิดภาวะความเครียดจากความร้อน (Heat Stress) หากมีการสะสมความร้อนที่นานเกินไปเป็นสาเหตุของอาการบาดเจ็บ และประสิทธิภาพในการทำงานของม้าในระยะยาว สภาพแวดล้อมหรือโรงเรือนที่ม้าอยู่จึงมีความจำเป็นต้องเอื้อต่อกระบวนการระบายความร้อนออกจากร่างกายม้า

2.3.2 กระบวนการระบายความร้อนเป็นการรักษาสมดุลของอุณหภูมิในร่างกาย ในขณะที่ม้ามีการใช้งานความร้อนที่ม้าได้รับเกิดจากอุณหภูมิภายในร่างกาย (Body Core) สูงขึ้นเนื่องจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ และระบบการหมุนเวียนของเลือดภายในร่างกาย รวมไปถึงรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบจากพื้นดินหรือวัตถุต่าง ๆ รอบตัวและแผ่รังสีความร้อนมาสู่ม้า การสะสมความร้อนต้องใช้ระยะเวลาในการลดความร้อนโดยกระบวนการระบายความร้อนหลังจากการใช้งาน โดยที่ม้ามีกลไกในการระบายความร้อนรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

2.3.2.1 การระเหย (Evaporation) อาศัยการเปลี่ยนแปลงของสถานะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อน โดยแบ่งออกเป็นสองกระบวนการคือ กระบวนการการขับเหงื่อ (Sweating) ความร้อนออกจากร่างกายม้าเมื่อเหงื่อบริเวณผิวหนังระเหยกลายเป็นไอซึ่งเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการระบายความร้อนของม้า ความร้อน 2 ใน 3 ของร่างกายสามารถถูกจำกัดออกไปได้ กระบวนการหายใจ (Respiration) อัตราการหายใจมีส่วนช่วยในการลดความร้อนของร่างกายม้าโดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนแฝงที่เกิดจากการเปลี่ยนสถานะของน้ำจากของเหลวไปเป็นก๊าซ ทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงโดยกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นที่ปอดเมื่อม้าหายใจออก (Panting) ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อกระบวนการลดความร้อนของม้าโดยการระเหยคือปริมาณไอน้ำในอากาศหรือความชื้นสัมพัทธ์

2.3.2.2 การนำความร้อน (Conduction) กระบวนการถ่ายเทความร้อนโดยมีผิวสัมผัสเป็นตัวกลาง เช่น เมื่อร่างกายม้าสัมผัสกับพื้นดินที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิผิวม้าจะเกิดการถ่ายเทความร้อนบริเวณผิวหนังของม้าสู่พื้นดิน และการใช้น้ำเพื่อช่วยในการลดอุณหภูมิผิวม้า เป็นต้น

Ref. code: 256059160301161QY

2.3.2.3 การพาความร้อนและการแผ่รังสี (Convection and Radiation) การพาความร้อนเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิของเหลวในร่างกายม้าสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อมเช่น อุณหภูมิเลือดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศร่างกายจะเกิดการพาความร้อนออกจากร่างกาย ในขณะที่ความร้อนแผ่ออกจากร่างกายม้าเมื่ออุณหภูมิผิวม้าสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อม การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนอาศัยหลักของความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างม้าและสภาพแวดล้อม ดังนั้น ฉนวน (ขนม้า) และการเคลื่อนที่ของอากาศหรือปัจจัยทางด้านความเร็วลม เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการนำความร้อนและการแผ่ความร้อนจากผิวหนังของม้าออกสู่สภาพแวดล้อม

มีการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการระบายความร้อนของม้า ทำการทดสอบระยะเวลาที่ใช้ในการระบายความร้อนของม้าโดยให้ม้าวิ่งบนลู่วิ่งระยะเวลาหนึ่งภายใต้สภาวะอากาศ 3 สภาวะ คือ สภาวะร้อนและชื้น (อุณหภูมิภายในห้องทดลอง 32-34 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80-85) สภาวะร้อนและแห้ง (อุณหภูมิภายในห้องทดลอง 32-34 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 40-45) สภาวะหนาวและแห้ง (อุณหภูมิภายในห้องทดลอง 20 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 40-45) ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่า สภาวะที่ความชื้น และอุณหภูมิอากาศสูงขึ้นจะทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการลดความร้อนของม้าเพิ่มมากขึ้น

2.3.3 ภาวะความเครียดจากความร้อน (Heat Stress) คือภาวะที่ระบบการทำความเย็นของร่างกายล้มเหลว ม้าไม่สามารถระบายความร้อนออกจากร่างกายได้ (Non-sweating Syndrome, The Puffs) มักเกิดขึ้นกับม้าในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นเช่น ประเทศอินเดีย ประเทศในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงประเทศไทย เป็นต้น สัตว์แพทย์กล่าวว่าการสังเกตสัญญาณที่บ่งบอกถึงภาวะความเครียดจากความร้อนจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากเช่น ม้ามีอาการหายใจเร็ว หอบ อุณหภูมิร่างกายและอุณหภูมิผิวสูงขึ้น สูญเสียการควบคุมการเดิน และวิ่ง แสดงอาการไม่สบายตัวหงุดหงิดเช่น การกระทืบเท้า ยกขาขึ้นเตะ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3

ตารางแสดงสัญญาณภาวะความเครียดจากความร้อน

Symptom	Mild	Moderate	Severe
Rectal Temperature	102-103 F	103-105 F	More than 105 F
Heart Rate	50-60 / Min	60-80 / Min	More than 80 F
Respiration	30-40 / Min	40-50 / Min	More than 50 F
Gum Color	Slightly Dark Pink	Dark Pink / Maroon	Dark Red / Purple
Body Surface	Veins Popped	Bulging Veins	Bulging-Lumpy Veins
Sweat	Film of Sweat	Body Wet / Sweat Drips	Sweat Drips or May Stop Sweating
Behavior	Depressed	Stumbling	Stagger / Fall

Ref. code: 256059160301161QY

ที่มา: Heat Stress in horse. โดย Gayle S. Leith

ภาวะความเครียดจากความร้อนขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ โดยเฉพาะกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวม้าได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ การแผ่รังสีความร้อนของวัสดุ และการเคลื่อนที่ของอากาศ (ความเร็วลม) การวัดและประเมินผลค่าภาวะความเครียดจากความร้อนจะใช้ค่าดัชนีต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการวัดความสบายของม้าและประสิทธิภาพในการใช้งานโดยคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการระบายความร้อนของม้าที่ใช้กันโดยทั่วไปดังนี้

2.3.3.1 Heat Indices (HI) เป็นการบอกค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ในขณะนั้น

2.3.3.2 Comfort Index (CI) เป็นคำนวณหาค่าความสบายโดยง่ายคือค่าผลรวมของอุณหภูมิอากาศ (องศาฟาเรนไฮต์) และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพื่ออธิบายประสิทธิภาพกระบวนการระบายความร้อนของม้าโดยไม่มีผลกระทบของการเคลื่อนที่ของอากาศและการแผ่รังสีจากวัสดุใกล้เคียงดังสมการที่ 6

$$CI = T_a + RH \qquad \text{สมการที่ 6}$$

T_a คือ อุณหภูมิอากาศ (องศาฟาเรนไฮต์)

RH คือ ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)

ตารางที่ 2.4

ตารางแสดงค่าดัชนีความสบายและประสิทธิภาพการระบายความร้อนของม้า

ดัชนีความสบาย	**ประสิทธิภาพกระบวนการระบายความร้อน**
น้อยกว่า 130	มีประสิทธิภาพสูงสุด
130-150	ประสิทธิภาพสูงสุดลดลง
มากกว่า 150	ประสิทธิภาพสูงสุดลดลงค่อนข้างมาก
มากกว่า 180	ไม่มีประสิทธิภาพ เสี่ยงต่อการเกิดอาการ Heat Stroke

ที่มา: Managing horses during hot weather. โดย Krishona Martinson

2.3.3.3 Physiological Strain Index (PSI) ค่าดัชนีความสบายที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิทวารหนัก (Rectal Temperature) อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ

2.3.3.4 Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) ถูกสร้างขึ้นโดยกรมอุตุนิยมวิทยาประเทศออสเตเลีย (The Australian Bureau of Meteorology, BOM) เป็นดัชนีที่ใช้อธิบายค่าความเครียดจากความร้อนของม้าโดยคำนวณผลกระทบจากปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการระบายความร้อนของม้า ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และการแผ่รังสีจากวัสดุข้างเคียง ค่าดัชนี WBGT นี้ถูกใช้ใน

Ref. code: 256059160301161QY

วงการกีฬาอย่างกว้างขวางโดยองค์กรต่าง ๆ เนื่องจากสามารถอธิบายและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทำงานและการทำกิจกรรมต่าง ๆ ภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้นโดยเฉพาะกับม้า เช่น The Federation Equestrian Internationals (FEI), Equestrian Australia (EA) และ Sports Medicine Australia (SMA) เป็นต้น การวัดค่าเฉลี่ยของดัชนี WBGT สามารถวัดได้จากองค์ประกอบของอุณหภูมิต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิเทอรโมมิเตอรชนิดกระเปาะเปยกตามธรรมชาติ (Natural Wet Bulb Temperature, T_{nwb}) อุณหภูมิเทอรโมมิเตอรชนิดกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature, T_{db}) เป็นอุณหภูมิที่ได้รับผลกระทบของอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิเทอรโมมิเตอรชนิดโกลบ (Black Globe Temperature, T_g) เป็นการวัดความรอนที่ได้รับผลกระทบจากจากการแผรังสีของวัสดุและความเร็วลม และอุณหภูมิเทอรโมมิเตอรชนิดกระเปาะแห่ง (Dry Bulb Temperature, T_{db}) หรืออุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) โดยสามารถคำนวณค่าดัชนีเพื่อหาค่าความเครียดจากความร้อน Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) จากสมการและประเมินค่าความเครียดจากความร้อนจากตารางดังนี้

$$\mathbf{WBGT = (0.7 \times T_{wb}) + (0.3 \times T_g)}$$ สมการที่ 7

T_{wb} คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature, ℃)

T_g คือ อุณหภูมิโกลบ (Black Globe Temperature, ℃)

T_a คือ อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature, ℃)

ตารางที่ 2.5

ตารางแสดงค่าดัชนี WBGT และคำแนะนำต่อประสิทธิภาพการระบายความร้อนของม้า

WBGT	**ความเสี่ยงการเกิด Heat Stress**
<28	ความเสี่ยงน้อย
28-33	ความเสี่ยงปานกลาง
>33	ความเสียงสูง

ที่มา: Cooling the Performance Horse. โดย Wendy Barker

ค่าการวัดดัชนีความเครียดจากความร้อนที่กล่าวมาข้างต้นสามารถใช้เป็นแนวทางในการใช้งานและป้องกันความเสี่ยงต่อสุขภาพม้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาเกี่ยวกับภาวะความน่าสบายในงานวิจัยนี้จะใช้ค่าดัชนี Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) ในการวัดค่าความสบายของม้าเนื่องจากสมการรวบรวมตัวแปรที่มีผลทั้ง 4 ปัจจัยได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และอุณหภูมิเฉลี่ยการแผ่รังสีความร้อน จากการศึกษากรณีศึกษาจำนวน 4 แห่ง พบว่าปัญหาความร้อนสะสมในโรงเรือน (อุณหภูมิ

Ref. code: 25605916030116IQY

อากาศ) ที่เกิดขึ้นมาจากการสะสมความร้อนบริเวณหลังคา (อุณหภูมิเฉลี่ยการแผ่รังสีความร้อน) และปัญหาการเปิดช่องเปิดที่ไม่เพียงพอ รวมทั้งไม่สัมพันธ์กับทิศทางของลม (ความเร็วลม) ทำให้เกิดความไม่สบายเชิงอุณหภาพ

2.3.4 การลดภาวะความเครียดจากความร้อน สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมีการรักษาสมดุลความร้อนที่เกิดขึ้นจากอัตตราการเผาผลาญอาหารของร่างกายแลกเปลี่ยนกับสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิแวดล้อม (Thermal Environment) จึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อกระบวนการระบายความร้อนที่จะสามารถส่งผลกระทบต่อร่างกายและจิตใจของสัตว์ได้โดยเฉพาะสัตว์ที่อาศัยอยู่ในเขตร้อนหรือร้อนชื้น การจัดการจัดสภาพแวดล้อมของโรงเรือนจึงมีความจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ นอกเหนือจากอุณหภูมิแวดล้อมภายในโรงเรือนดังนี้

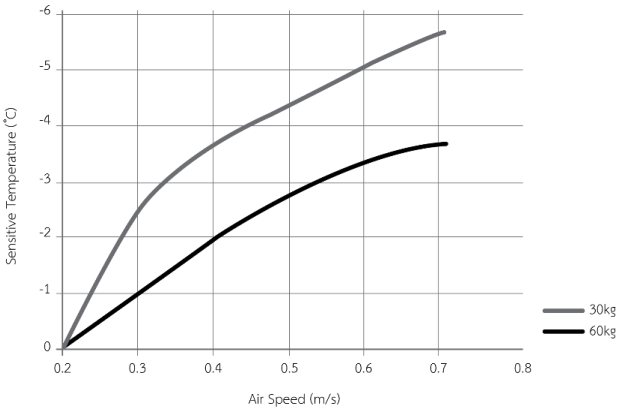
2.3.4.1 รังสีความร้อน (Thermal Radiation) แหล่งรังสีความร้อนสองแหล่งหลักที่สัตว์ได้รับได้แก่ รังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) ที่ได้จากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรงและรังสีโลก (Terrestrial Radiation) ที่ได้จากการปล่อยรังสีความร้อนออกจากพื้นผิววัสดุต่าง ๆ โดยรอบ รังสีสุทธิที่สัตว์ได้รับขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นผิวของสัตว์ และฉนวนความร้อนของโรงเรือนที่สัตว์อาศัยอยู่

2.3.4.2 ความชื้น (Humidity) ความชื้นในอากาศมีผลต่อการรักษาสมดุลความร้อนโดยเฉพาะในสภาพอากาศร้อน สัตว์จะสูญเสียกลไลการระบายความร้อนแบบระเหย (Evaporation) หรือการขับเหงื่อ (Sweating) บริเวณผิวหนังซึ่งเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการระบายความร้อน

2.3.4.3 การเคลื่อนที่ของอากาศ (Air Movement) การเคลื่อนที่ของอากาศมีผลต่อการรักษาสมดุลความร้อนแบบระเหย (Evaporation) และการพาความร้อนและการแผ่รังสี (Convection and Radiation) เมื่อความเร็วลมเพิ่มมากขึ้น อัตราการระบายความร้อนของสัตว์ก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน สามารถอธิบายได้ด้วย Wind Chill Index โดยดัชนีอธิบายอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศและความเร็วลมที่มีผลต่อความรู้สึกร้อนหนาวของสัตว์ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

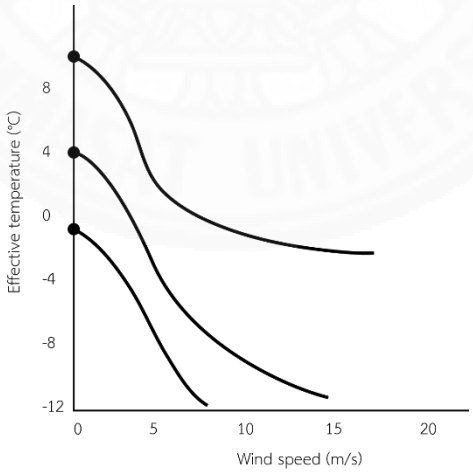
(1) อิทธิพลของความเร็วลมในโรงเรือนเลี้ยงสุกร เมื่ออุณหภูมิอากาศในโรงเรือนสูงขึ้น อัตราการระบายความร้อนของสุกรสูงขึ้น ความเร็วลมภายในโรงเรือนเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างร่างกายสุกรและสิ่งแวดล้อมโดยความเร็วลมที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลต่ออุณหภูมิที่สุกรรู้สึก (Effective Temperature) เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 0.1 เมตรต่อวินาที สุกรจะรู้สึกเย็นลงประมาณ 1 องศาเซลเซียสดังภาพที่ 2.2 ยกตัวอย่างเช่น อุณหภูมิอากาศ 30 องศาเซลเซียส มีความเร็วลมพัดผ่านตัวสุกรที่ 0.5 เมตรต่อวินาที สุกรจะรู้สึกอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 27 องศาเศลเซียส เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดตัวของสุกร อายุ และอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน ในกรณีที่อุณหภูมิอากาศในโรงเรือนมีค่าใกล้เคียงอุณหภูมิร่างกายของสุกร อิทธิพลของความเร็วลมจะลดลง

Ref. code: 256059160301161QY



ภาพที่ 2.2 ภาพแสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับอุณหภูมิที่สุกรรู้สึกลดลง (ที่มา: Heat stress series: Management tips to reduce heat stress. โดย Thomas)

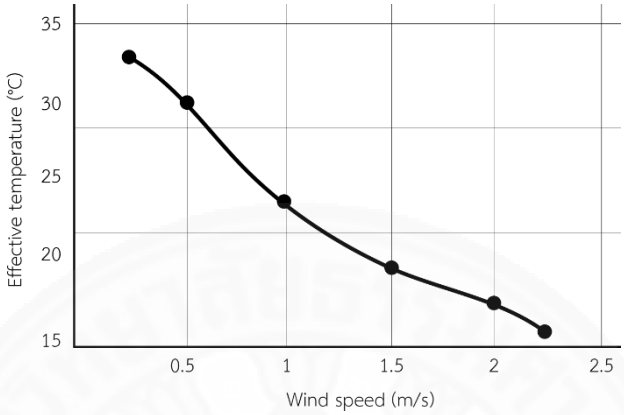
(2) สภาพแวดล้อมที่ก่อให้เกิดความเครียดจากความหนาว (cold stress) เมื่อเกิดขึ้นในวัว มีผลต่อสุขภาพของสัตว์เช่น วัวกินอาหารน้อยลง น้ำหนักลด อัตราการสืบพันธ์ลดลง ส่งผลกระทบต่อปริมาณการผลิต และประสิทธิภาพของน้ำนม โปรตีน ไขมัน การศึกษาเกี่ยวกับอิทธิผลของความเร็วลมในโรงเรือนเลี้ยงวัวนมในเขตอากาศหนาวกล่าวว่า อิทธิพลของลมหนาวสามารถลดอุณหภูมิที่วัวรู้สึกได้เป็นอย่างมากและบางครั้งอาจเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตหากไม่ได้มีการออกแบบที่อยู่อาศัยที่เหมาะสม ยกตัวอย่างเช่น เมื่ออุณหภูมิอากาศเท่ากับ 2 องศาเซลเซียส และมีความเร็วลมพัดผ่านตัววัวด้วยความเร็วประมาณ 5 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิที่วัวรับรู้ได้อาจลดลงไปถึง -4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 2.3 ภาพแสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับอุณหภูมิที่วัวรู้สึกลดลง (ที่มา: Heat and Cold Stress of Farm Animal. โดย Farm forest line)

Ref. code: 256059160301161QY

(3) ในสัตว์ปีกเช่น ไก่ สภาพอากาศร้อนส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของไก่และประสิทธิภาพการผลิตไข่ไก่ โรงเรือนเลี้ยงไก่ส่วนใหญ่จึงใช้ระบบปิดหรือใช้ระบบ Tunnel Ventilation เพื่อให้เกิดความเร็วลมที่เพียงพอต่อการเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างไก่และสิ่งแวดล้อม ความเร็วลมที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดอยู่ที่ประมาณ 2 เมตรต่อวินาที สามารถลดอุณหภูมิที่สัตว์ปีกรู้สึกได้ประมาณ 5-7 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ภาพแสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับอุณหภูมิที่สัตว์ปีกรู้สึก (ที่มา: Hot Weather Management of Poultry. โดย Anderson)

(4) การศึกษาอิทธิพลของความเร็วลมสำหรับม้ากล่าวว่าความเร็วลมที่มีผลต่อความรู้สึกร้อนหนาวของม้าเนื่องจากทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิวม้าและสภาพแวดล้อม ยกตัวอย่างเช่น เมื่อมีความเร็วลมพัดผ่านผิวม้าด้วยความเร็วลม 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะสามารถลดอุณหภูมิที่ม้ารู้สึกได้เท่ากับ 1 องศาเซลเซียส เมื่อความเร็วลมอยู่ในช่วง 1-32 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นจะมีอิทธิพลต่อการมากขึ้นดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6

ตารางแสดงช่วงของความเร็วลมที่มีผลกับอุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลง

Wind Speed (mph/kph)	**Decrease in Effective Temperature (° F/mph, °C/kph)**
1 to 20 / 1 to 32	1 / 0.375
20 to 30 / 32 to 48	1.5 / 0.5
30 to 40 / 48 to 64	3 / 1

ที่มา: หนังสือ Feeding and Care of the Horse. โดย Lewis

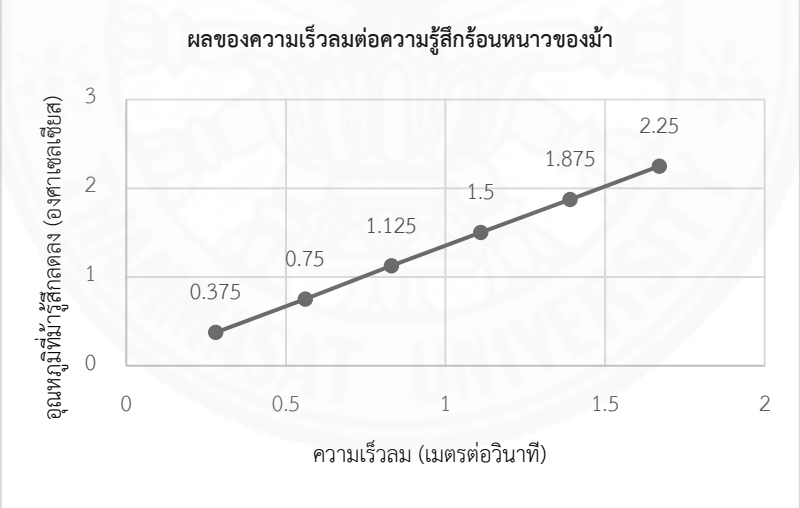
Ref. code: 25605916030116IQY

ตารางที่ 2.7

ตารางแสดงความเร็วลมต่ออุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลง

ความเร็วลม(เมตรต่อวินาที)	อุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลง(องศาเซลเซียส)
<0.28	ไม่ลดอุณหภูมิ
0.28	0.375
0.56	0.75
0.83	1.125
1.11	1.5
1.39	1.875
1.67	2.25
1.94	2.625
2.22	3
2.5	3.375

ที่มา: โดยผู้วิจัย (2561)



ภาพที่ 2.5 ภาพแสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับอุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลง (ที่มา: โดยผู้วิจัย)

2.3.4.4 พื้นผิวสัมผัส (Contact Surface) อุณหภูมิของพื้นผิวต่าง ๆ รอบตัวสัตว์มีผลต่อการนำความร้อน (Conduction) ระหว่างสัตว์และพื้นผิวที่สัตว์สัมผัส

2.3.5 เปรียบเทียบอิทธิพลที่มีผลต่อดัชนีความสบาย Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)

2.3.5.1 อิทธิพลของอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย (Mean Radiant Temperature,

Ref. code: 256059160301161QY

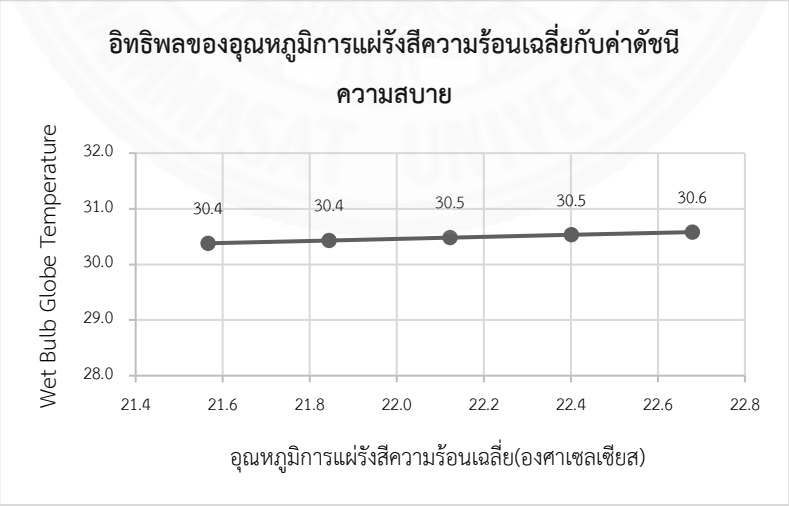
MRT) จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์จากสมการที่3, 4 และ 5 เพื่อหาค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ยของคอกม้า เมื่อทำการเก็บข้อมูลของโรงเรือนเลี้ยงม้ากรณีศึกษาทั้ง 4 แห่งจึงได้กำหนดให้อุณหภูมิผนังทั้ง 4 ด้านเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิพื้นเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ80 และสภาพอากาศนิ่งไม่มีลม กับค่าความสบายของม้าจากค่าดัชนี Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) สมการที่ 7 สามารถอธิบายค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ยและดัชนี Wet Bulb Globe Temperature เมื่อลดอุณหภูมิพื้นผิวของหลังคาลงทุก ๆ 10 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 2.8 และภาพที่ 2.6

ตารางที่ 2.8

ตารางแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ยกับค่าดัชนีความสบายเมื่อกำหนดตัวแปรต่าง ๆ

อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	**ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)**	**อุณหภูมิผิวหลังคา (องศาเซลเซียส)**	**อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย(องศาเซลเซียส)**	**WBGT**
35.00	<0.28 (ไม่ได้รับผลกระทบจากลม)	70.00	22.68	30.58
		60.00	22.40	30.53
		50.00	22.12	30.48
		40.00	21.84	30.43
		30.00	21.57	30.38

ที่มา: โดยผู้วิจัย (2561)



ภาพที่ 2.6 กราฟแสดงอิทธิพลของอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยกับค่าดัชนีความสบาย (ที่มา: โดยผู้วิจัย)

2.3.5.2 อิทธิพลของอุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิโกลบที่ได้จากการเก็บข้อมูลภายในโรงเรือนเลี้ยงม้าดังภาพที่ 2.7 และการคำนวณ

Ref. code: 256059160301161QY

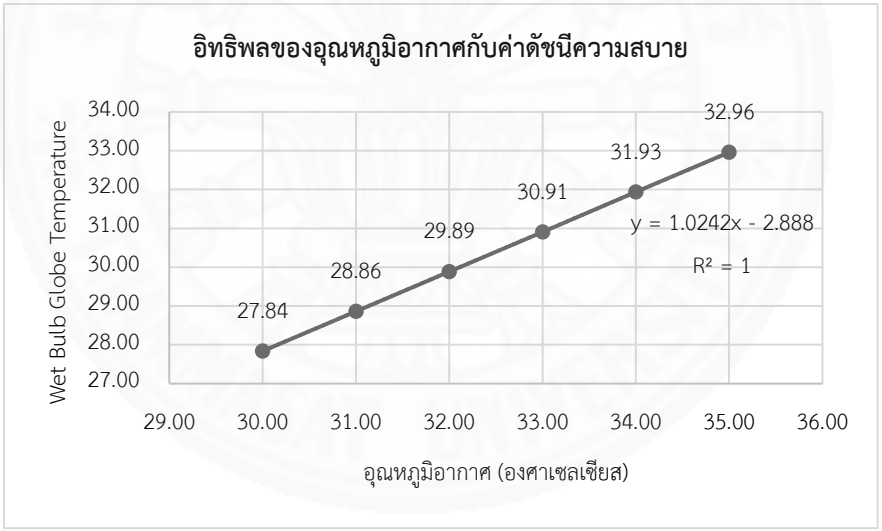
ทางคณิตศาสตร์จากสมการที่ 7 เมื่อลดอุณหภูมิอากาศลงทุก ๆ 1 องศาเซลเซียส กำหนดความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ80 และสภาพอากาศนิ่งไม่ได้รับผลกระทบจากลม ได้ผลดังตารางที่ 2.9 และภาพที่ 2.7

ตารางที่ 2.9

ตารางแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิอากาศกับค่าดัชนีความสบายเมื่อกำหนดตัวแปรต่าง ๆ

อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	**ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)**	**อุณหภูมิโกลบ (องศาเซลเซียส)**	**อุณหภูมิกระเปาเปียก (องศาเซลเซียส)**	**WBGT**
35.00	<0.28 (ไม่ได้รับผลกระทบจากลม)	35.19	32.00	32.96
34.00		34.11	31.00	31.93
33.00		33.03	30.00	30.91
32.00		31.95	29.00	29.89
31.00		30.87	28.00	28.86
30.00		29.79	27.00	27.84

ที่มา: โดยผู้วิจัย (2561)



ภาพที่ 2.7 กราฟแสดงอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศกับค่าดัชนีความสบาย (ที่มา: โดยผู้วิจัย)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าดัชนีความสบายจากกราฟพบว่า การลดอุณหภูมิอากาศ 1 องศาเซลเซียส สามารถทำให้ค่าดัชนีความสบายลดลงได้ประมาณ 1 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาค่ามาตรฐานดัชนีความสบายของม้ากำหนดไว้ที่ 28 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิอากาศที่อยู่ในช่วงสบายเท่ากับ 30.16 องศาเซลเซียส

Ref. code: 256059160301161QY

2.3.5.3 อิทธิพลของความเร็วลม (Air Velocity) เมื่อเพิ่มความเร็วลมทุก ๆ 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.38 เมตรต่อวินาที) ในสภาพอากาศที่อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ80

ภาพที่ 2.8 กราฟแสดงอิทธิพลของความเร็วลมกับค่าดัชนีความสบาย (ที่มา: โดยผู้วิจัย)

จากกราฟจะเห็นว่าความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าดัชนีความสบายลดลงจนสามารถเข้าสู่ในช่วงขอบเขตที่สบายได้ และเมื่อพิจารณาร่วมกับช่วงของอุณหภูมิที่อยู่ในขอบเขตความสบาย (30.16 องศาเซลเซียส) ความเร็วลมสามารถขยายขอบเขตความสบายได้ดังตารางที่ 2.10 เมื่อกำหนดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเท่ากับร้อยละ 80

ตารางที่ 2.10

ตารางแสดงความเร็วลมและอุณหภูมิอากาศในขอบเขตความสบาย

ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	**อุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลง (องศาเซลเซียส)**	**อุณหภูมิอากาศในขอบเขตความสบาย (องศาเซลเซียส)**
<0.28	ไม่ลดอุณหภูมิ	30.16
0.28	0.375	30.54
0.56	0.75	30.91
0.83	1.125	31.29
1.11	1.50	31.66
1.39	1.875	32.04

ที่มา: โดยผู้วิจัย (2561)

Ref. code: 256059160301161QY

จากการศึกษาอิทธิพลที่มีผลต่อดัชนีความสบาย Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) ทั้ง 3 ตัวแปรได้แก่ อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม พบว่าอิทธิพลของอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ยมีผลต่อค่าดัชนีความสบายน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการลดอุณหภูมิอากาศและการเพิ่มความเร็วลมซึ่งสามารถทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพได้มากกว่า

2.4 โรงเรือนเลี้ยงม้า (Horse Stable)

2.4.1 มาตรฐานโรงเรือน (Eileen Wheeler, 2002 and Jennifer Smith Zajaczkowski, 2002)

2.4.1.1 ขนาดคอกม้าที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับประเภทและสายพันธุ์ของม้าเนื่องจากม้าขนาดที่แตกต่างกันจะมีความต้องการพื้นที่ที่แตกต่างกันดังนี้

ตารางที่ 2.11

ตารางแสดงขนาดคอกที่เหมาะสมกับประเภทของม้า

ประเภทม้า	ขนาดคอกมาตรฐาน
ม้าขนาดเล็กหรือม้าโพนี่ (Pony)	10x10ft (3.05x3.05m.)
ม้าขนาดใหญ่หรือม้า (Horse)	12X12Ft (3.65X3.65m.)
ม้าขนาดใหญ่พิเศษ	14X14Ft (4.27X4.27m.)
พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ม้า	16X16Ft (4.88X4.88m.)

ที่มา: Horse Stall Design. โดย Wheeler

2.4.1.2 ผนังคอกมาตรฐานควรมีความสูงจากพื้นอย่างน้อย 8ft (2.45m.) เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายจากม้าคอกข้างเคียง แต่ในขณะเดียวกันก็ไม่ควรสูงจนปิดทึบทั้งผนัง ด้านหน้าควรมีช่องหน้าต่างเพื่อให้ม้าสามารถมองเห็นและสื่อสารซึ่งกันและกัน เห็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นต่าง ๆ ภายในคอก มีปฏิสัมพันธ์กับม้าตัวอื่น ๆ และมนุษย์

2.4.1.3 ประตูสำหรับคอกม้ามาตรฐานมีสองประเภทได้แก่ ประตูบานเปิด (Swinging Door or Dutch Door) โดยประตูบานเปิดควรเปิดออกสู่บริเวณทางเดินภายในโรงเรือนเสมอเพื่อป้องกันอันตรายหรือการเกิดอุบัติเหตุภายนคอกม้า ประตูเลื่อน (Sliding Door) เป็นที่นิยมใช้สำหรับคอกม้าเนื่องจากสะดวกและง่ายต่อการใช้งานแต่มีค่าการติดตั้งที่แพงกว่าแบบประตูเลื่อน ขนาดสูงและกว้างอย่างน้อย 8ft (2.45m.) และ 4ft (1.20m.) ตามลำดับ

Ref. code: 256059160301161QY

2.4.1.4 หน้าต่างคอกม้ามาตรฐานควรมีขนาดอย่างน้อย 4 Ft^2 (ขนาดประมาณ 60x60 Cm=0.37m^2) สำหรับการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติและการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้โดยแสงแดดสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรคและแบคทีเรียที่เกิดจากสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ ภายในคอก

2.4.1.5 ฝ้าเพดานมาตรฐานควรมีความสูงอย่างน้อยและมากที่สุดคือ 8ft (2.45m.) และ 12ft (3.65M.) ตามลำดับ

2.4.1.6 ขนาดทางเดินภายในโรงเรือนควรมีขนาดไม่ต่ำกว่า 12ft (3.65M.) มีความกว้างเพียงพอ สะดวก และปลอดภัยสำหรับการทำงานภายในโรงเรือน เช่น การจูงม้าเข้าและออกจากคอก การเดินสวนกัน การกลับตัว การทำความสะอาดคอกม้าภายในโรงเรือนที่ต้องอาศัย รถเข็น รถแทรกเตอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

2.4.2 วัสดุ (Materials)

2.4.2.1 พื้นคอกจะต้องป้องกันการลื่นไถล ทนทานต่อน้ำหนักกดทับและแรงกระแทกจากม้าโดยไม่เป็นอันตรายต่อกีบและข้อต่อ ทำความสะอาดง่าย มีระบบการระบายน้ำที่ดีโดยเฉพาะปัสสาวะที่อาจขังและหมักหมมเป็นบ่อเกิดของเชื้อโรคและแบคทีเรีย ในกรณีที่มีการผสมพันธุ์ม้าหรือลูกม้าเกิดใหม่จะต้องมีการทำความสะอาดเป็นพิเศษและใช้วัสดุปูรองนอนให้มีความนุ่มและสะดวกสบาย วัสดุพื้นคอกมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับการใช้งานและงบประมาณ

(1) พื้นดิน (Dirt Floor) ดินมีคุณสมบัตินุ่ม เมื่อมีวัสดุปูรองนอนที่เหมาะสมแล้วสามารถรองรับแรงกระแทกและแรงกดทับได้ดี เช่นการเดิน การล้มตัวลงนอนบนพื้น แต่จะมีการหมักหมมของปัสสาวะและมูลจากม้าหากไม่มีการจัดการระบบระบายน้ำที่ดี พื้นดินควรมีความลาดเอียงประมาณ 3 องศา เพื่อให้เกิดการระบายน้ำโดยการขุดหลุมระบายน้ำในแต่ละคอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3ft ลึกอย่างน้อย 2ft และเติมกรวดขนาดใหญ่ในหลุมจนเต็มหลังจากนั้นปิดด้วยดิน ตัวอย่างชนิดของดินที่นิยมใช้มากที่สุดสำหรับคอกม้าคือ Baseball Diamond

(2) พื้นคอนกรีต (Concrete) คุณสมบัติของคอนกรีตคือมีความแข็งแรงทนทานต่อแรงกดทับและกระแทกจากกีบม้าและข้อเท้า พื้นผิวควรมีลักษณะขรุขระเพื่อป้องกันอันตรายจากการลื่นไถล ประกอบกับการเลือกใช้วัสดุปูรองนอนที่เหมาะสม

(3) พื้นไม้ (Wood) คุณสมบัติของไม้จะมีความแข็งแรงทนทานน้อยกว่าคอนกรีต แต่มีความนุ่มต่อการเสียดสีกับลำตัวเช่นการนอนพื้น มีพื้นผิวที่ลื่นและสามารถเกิดการเน่าเปื่อยจากสะสมของปัสสาวะบนพื้นได้

(4) ยางมะตอย (Asphalt) พื้นผิวมีความแข็งต่อกีบม้าและข้อต่อ แข็งแรงทนทานน้อยกว่าพื้นคอนกรีต ลักษณะพื้นผิวไม่ลื่นโดยเฉพาะพื้นผิวที่มีรูพรุน

Ref. code: 256059160301161QY

2.4.2.2 วัสดุผนังคอกควรคำนึงถึงความแข็งแรงทนทานต่อการเตะและกัดจากม้า เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศโดยสามารถป้องกันความร้อนหรือความเย็นเข้าสู่ภายในคอก วัสดุที่ใช้ในการทำคอกขึ้นมีหลายประเภท ได้แก่ ไม้ เหล็ก คอนกรีต หรือ ตะแกรงเหล็ก ขึ้นอยู่กับงบประมาณ สภาพภูมิอากาศ หรือวัตถุประสงค์ในการใช้งาน

(1) ไม้แปรรูป (Lumber) ง่ายต่อการติดตั้ง แต่ทำความสะอาดยากและไม่แข็งแรงทนทานต่อการถูกเตะหรือกัด

(2) ไม้โอ๊ค (Oak) มีความแข็งแรงคงทนมากที่สุดแต่มีราคาแพง

(3) ไม้สน (Spruce Or Fir) มีความแข็งแรงทนทานต่อการถูกเตะหรือกัดรองลงมาและราคาถูก

(4) ไม้แปรรูป (Rough Cut Lumber+ Galvanized Metal Sheeting) ไม้แปรรูปปิดผิวด้วยแผ่นโลหะชุบสังกะสีเพื่อเพิ่มความแข็งแรงทนทานและป้องกันการเตะหรือกัดการกัด มีข้อเสียคือการเกิดสนิมจึงไม่เหมาะกับการใช้งานกับโรงเรือนบริเวณริชายฝั่งทะเล

(5) คอนกรีตบล็อค (Concrete Block) มีความแข็งแรงทนทานต่อการเตะหรือการกัดมากที่สุด มักใช้ในประเทศที่ประสบปัญหาภัยพิบัติทางธรรมชาติเช่น พายุโซนร้อนและเฮอริเคน คอนกรีตบล็อคทำความสะอาดได้ง่าย ในฤดูหนาวคอนกรีตมีคุณสมบัติในการกักเก็บความเย็นซึ่งทำให้อุณหภูมิภายในคอกต่ำลงด้วย จึงมีความเหมาะสมกับใช้การงานในสภาพอากาศร้อนชื้นมากกว่า การใช้งานในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นควรมีช่องว่างให้อากาศไหลผ่านได้อย่างทั่วถึง ติดตั้งควบคู่กับตะแกรงเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว โดยช่องว่างระหว่างเหล็กสำหรับม้าและลูกม้าไม่เกิน $2^{1/2}$ - 3 นิ้ว และ 1นิ้ว ตามลำดับ

(6) พลาสติกบอร์ด (Plastic Boards, Polypropylene) การมีโครงสร้างภายในที่ยืดหยุ่นรองรับแรงกระแทกจากการเตะหรือการกัดได้ดี สามารถถอดประกอบสำหรับติดตั้งหรือเคลื่อนย้ายได้โดยง่าย สะดวก และไม่ต้องการการดูแลรักษามาก ทำความสะอาดง่ายแต่มีราคาค่อนข้างสูง

2.4.2.3 วัสดุปูรองนอน (Bedding Material) ภายในคอกสำหรับม้า ควรเป็นวัสดุที่ปูรองนอนได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยจะต้องมีคุณสมบัติแห้ง สะอาด ไม่มีกลิ่น ให้ความนุ่มสบายลดแรงกดทับจากน้ำหนักตัวม้าไปยังพื้น ดูดซับความชื้นและกลิ่นจากมูลของม้าได้ดี วัสดุปูรองนอนภายในคอกจะต้องมีการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอเพื่อลดการหมักหมมของเชื้อโรคที่เกิดจากปัสสาวะและมูลกับวัสดุปูรองนอน ประเภทของวัสดุปูรองนอนที่ใช้ทั่วไปในปัจจุบันได้แก่ หญ้าแห้ง, ฟาง, ต้นกกแห้ง, ขี้เลื่อย, แกลบ, ดินอัด, ทราย, แผ่นยาง เป็นต้น

Ref. code: 256059160301161QY

2.4.3 อุปกรณ์ภายในคอก (Hardware)

2.4.3.1 ถังน้ำและอาหาร (Water Bucket or Automatic Drinker, Feed Tub) ควรติดตั้งบนผนังมากกว่าวางที่พื้น โดยติดตั้งที่ระดับประมาณปลายจมูกหรือบริเวณอกของม้าเพื่อสะดวกต่อการกินและหลีกเลี่ยงการเตะเป็นผลทำให้อุปกรณ์เสียหาย

2.4.3.2 ตะขอแขวนอุปกรณ์ (Ring for Tying) สำหรับแขวนอุปกรณ์สำหรับม้าเช่น ขุมจูงม้า

2.4.3.3 ตะแกรงหรือตาข่ายแขวนหญ้า (Hay Rack or Ring for A Hay Net/Bag) บางคอกอาจใช้วัสดุปูรองนอนเป็นฟางหรือหญ้าแห้งเพื่อให้ม้าสามารถกินได้ตลอดเวลา อีกทางเลือกหนึ่งคือตะแกรงหรือตาข่ายแขวนหญ้าที่สามารถเติมให้ม้ากินได้ตลอดเวลาโดยไม่รวมกับวัสดุปูรองนอนที่อาจมีการสะสมของแบคทีเรียจากปัสสาวะและมูล

2.4.3.4 อุปกรณ์ตกแต่ง Enrichment Devices (Toys) ทางเลือกหนึ่งที่เป็นตัวช่วยการลดความเครียดของม้า ยกตัวอย่างเช่นลูกบอลแขวนกับบริเวณผนังคอก เป็นต้น

2.4.4 รูปแบบผัง หลังคา และช่องเปิดหลังคา นอกเหนือจากการศึกษาขนาดของคอก ผนัง ประตู หน้าต่าง ทางเดินภายในคอก และวัสดุของพื้น ผนัง วัสดุปูรองนอนที่เหมาะสมแล้ว การวางผังสำหรับโรงเรือนเลี้ยงม้ามีความจำเป็นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยและความสะดวกสบายสำหรับม้าและพนักงานเพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพ มีการแบ่งประเภทของการวางผังเป็น 6 ลักษณะ (Karen Briggs, 1999)

ตารางที่ 2.12

ตารางแสดงรูปแบบการวางผังโรงเรือน

ผังคอกม้า	รูปแบบผัง
	Single Stall Row
	Island Stall
	Island Stall / Center Aisle
	Center Aisle
	L Shaped Stall
	U Shaped Stall

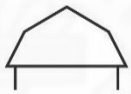
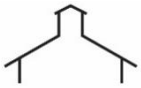
ที่มา: Kaiser Construction

Ref. code: 256059160301161QY

รูปแบบของหลังคาสำหรับอาคารประเภทโรงเรือนมีหลากหลายลักษณะ โดยการใช้งานจะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศของแต่ละประเทศ ในสภาพภูมิอากาศร้อน หลังคาเป็นส่วนที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง ทำให้มีการสะสมความร้อนภายในวัสดุและแผ่รังสีความร้อนลงสู่พื้นที่ใช้งานได้แก่บริเวณคอกม้า มีผลทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงขึ้น หลังคาสำหรับโรงเรือนจึงควรมีลักษณะยกสูงและมีการออกแบบช่องเปิดบนหลังคาเพื่อช่วยในการถ่ายเทความร้อน เกิดการระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติและการหมุนเวียนของอากาศที่เพียงพอภายในโรงเรือน

ตารางที่ 2.13

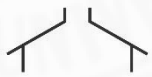
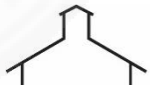
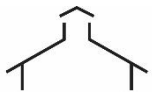
ตารางแสดงรูปแบบหลังคาโรงเรือน

รูปแบบหลังคา	Gable	Single Slope	Offset Gable	Gambrel	Gothic	Clerestory
รูปด้าน						

ที่มา: Kaiser Construction

ตารางที่ 2.14

ตารางแสดงรูปแบบช่องเปิดหลังคาโรงเรือน

รูปแบบช่องเปิด	Simple	Cap	Upstand	Cupola	Chimney
รูปด้าน					

ที่มา: Kaiser Construction

2.4.5 คุณภาพอากาศโรงเรือน (Stable Air Quality)

2.4.5.1 ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในอากาศ (Airborne Contaminants) สารปนเปื้อนในอากาศเกิดขึ้นภายในโรงเรือนจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ได้แก่ ก๊าซแอมโมเนียจากมูลของม้า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการหายใจ ก๊าซไข่เน่าหรือก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากการสะสมของสิ่งปฏิกูลภายในคอกเช่น การหมักหมมของวัสดุปูรองนอนกับปัสสาวะและมูลม้าเป็นต้น ฝุ่นอิยทรีย์ในอากาศจากวัสดุปูรองนอน (Bedding Material) บางชนิด เช่น แกลบ ฟาง รวมไปถึงหญ้าชนิดต่าง ๆ และอาหารเม็ด โดยความ

Ref. code: 256059160301161QY

เข้มข้นของสารปนเปื้อนในอากาศจะขึ้นอยู่กับ ปริมาตรของโรงเรือนและการระบายอากาศของโรงเรือน มีการกำหนดค่าความเข้มข้นสูงสุดของสารปนเปื้อนในอากาศในโรงเรือนไว้ดังนี้

ตารางที่ 2.15

ตารางแสดงค่ามาตรฐานสารปนเปื้อนในอากาศในโรงเรือน

สารปนเปื้อนในอากาศ	**ค่าความเข้มข้นสูงสุด**
ก๊าซแอมโมเนีย	10 Ppm
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	3,000 Ppm
ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	0.5 Ppm
ฝุ่นอินทรีย์	10 Mg/M^3

ที่มา: Swedish Legislation, 2013

2.4.5.2 มาตรฐานอัตราการระบายอากาศของโรงเรือนเลี้ยงม้ากำหนดอยู่ที่ 6-8 ACH การระบายอากาศโดยวิธีทางกลอาศัยการทำงานของพัดลมดูดอากาศโดยกำหนดอัตราการระบายอากาศของพัดลมดูดอากาศคือพื้นที่ $1ft^2$ ต่อการดูดอากาศ 750 Cfm มีการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนด้วยระบบไอน้ำ (Evaporation) และระบบแผงรังผึ้ง การระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติอาศัยการเคลื่อนที่ของอากาศเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิและความดัน ผ่านช่องเปิดขนาดพื้นที่ $1ft^2$ ต่อพื้นที่ผนัง $300ft^2$

Ref. code: 256059160301161QY

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงสำรวจ และเชิงทดลอง เพื่อศึกษาหาแนวทางการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าเพื่อความสบายเชิงอุณหภาพของม้า โดยการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง สำรวจโรงเรือนเลี้ยงม้ากรณีศึกษา การวิจัยนี้ศึกษาความเร็วลมที่มีผลต่อความสบายเชิงอุณหภาพ โดยสร้างโรงเรือนจำลองตัวอย่าง และทำการทดลองผลของขนาด และตำแหน่งช่องเปิดบริเวณคอกม้าด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล เพื่อนำแนวทางที่ได้จากการทดลองมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าในเขตภูมิอากาศต่าง ๆ และสรุปแนวทางการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าที่ก่อให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.1 เครื่องมือวัดค่าดัชนีความร้อน (Heat Index WBGT Meter) รุ่น WBGT-2010SD

3.2.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิอากาศ (Thermohygrometer) รุ่น testo 608-H1

3.2.3 เครื่องมือวัดความเร็วลมแบบ Hot Wire และ เครื่องมือบันทึกข้อมูล (Data Logger) รุ่น AM-4224SD

3.2.4 เครื่องมือวัดอุณหภูมิผิววัสดุ (Infrared Thermometer Laser) รุ่น testo 830-T2

3.2.5 เครื่องมือวัดความเร็วลมชนิดขดลวด (KIMO)

3.3 กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย

3.3.1 โรงเรือนเลี้ยงม้าบริเวณชานเมืองในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยคัดเลือกจากโรงเรือนที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ และเนื่องจากข้อจำกัดในการลงพื้นที่เก็บข้อมูล จึงทำการศึกษาโรงเรือนเลี้ยงม้าจำนวน 4 แห่ง

3.4 ขั้นตอนการวิจัย

Ref. code: 25605916030116IQY

3.4.1 ศึกษาทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความสบายเชิงอุณหภาพ ม้า ความสบายเชิงอุณหภาพสำหรับม้า และโรงเรือนเลี้ยงม้า

3.4.2 ศึกษาโรงเรือนเลี้ยงม้าจำนวน 4 แห่งในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลเพื่อเป็นตัวแทนของโรงเรือนที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติในเขตภูมิอากาศร้อน-ชื้น โดยเก็บข้อมูลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อความสบายเชิงอุณหภาพ ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของโรงเรือน อุณหภูมิอากาศ ความเร็วลม และความชื้น

3.4.3 กำหนดรูปแบบของโรงเรือนตัวอย่างที่ใช้ในการจำลอง

3.4.4 ทดสอบโรงเรือนจำลองตัวอย่างโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณพลศาสตร์ของไหลเพื่อศึกษาตัวแปรต้นขนาด และตำแหน่งช่องเปิดบริเวณคอกม้า

3.4.5 ทำการทดลองตัวแปรต้นขนาด และตำแหน่งช่องเปิดบริเวณคอกม้ากับโรงเรือนจำลองด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเพื่อพิจารณาการไหลของอากาศ และความเร็วลม

3.4.6 วิเคราะห์ผลการทดลองและนำผลที่ได้จากการทดสอบไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าในเขตภูมิอากาศต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพ

3.5 การศึกษาโรงเรือนเลี้ยงม้ากรณีศึกษา

การศึกษาโรงเรือนเลี้ยงม้ากรณีศึกษา ทำการเก็บข้อมูลโรงเรือนทั้งหมด 4 แห่งในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล เพื่อเป็นตัวแทนการศึกษาโรงเรือนที่มีการระบายอากาศธรรมชาติในสภาพอากาศร้อนชื้นได้แก่ โรงเรือนกรณีศึกษาที่1 สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ โรงเรือนกรณีศึกษาที่2 โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี โรงเรือนกรณีศึกษาที่3 สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ และโรงเรือนกรณีศึกษาที่4 สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ โดยทำการเก็บข้อมูลดังนี้

3.5.1 ลักษณะทางกายภาพของโรงเรือน (Physical)

3.5.1.1 ทิศทางการวางผังอาคาร (Orientation)

3.5.1.2 องค์ประกอบของโรงเรือน (Element) ได้แก่รูปแบบการวางผัง และ รูปแบบหลังคา

3.5.1.3 ขนาด (Dimension) ได้แก่ขนาดคอกม้า ความสูงผนังคอกม้า ความสูงหลังคาโรงเรือน ทางเดินภายในโรงเรือน และขนาดช่องเปิดคอกม้า

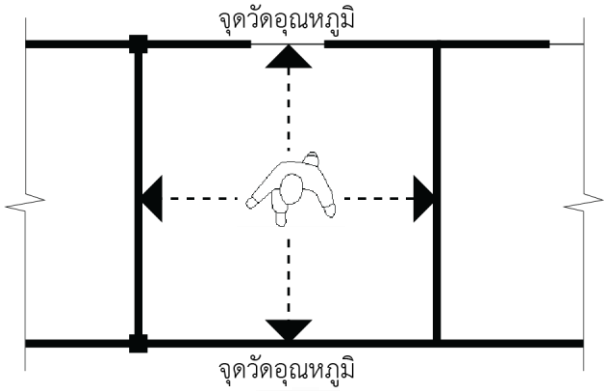
3.5.1.4 วัสดุ (Material) ได้แก่พื้น ผนัง หลังคา และวัสดุปูรองนอน

3.5.2 การวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน ช่วงเวลา 13:00 น. (Measurement)

3.5.2.1 อุณหภูมิอากาศภายนอกโรงเรือน และอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน

Ref. code: 256059160301161QY

3.5.2.2 อุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุได้แก่ อุณหภูมิผิวที่พื้น ผนัง (4 ด้าน) ดังภาพที่ 3.1 และหลังคา



ภาพที่ 3.1 ภาพแสดงผังคอกม้าและจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิผนังทั้ง 4 ด้าน (ที่มา: โดยผู้วิจัย)

3.5.2.3 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน

3.5.3 การทดสอบโรงเรือนจำลองตัวอย่างด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล

3.6 โรงเรือนจำลองตัวอย่าง

พิจารณาผลการเก็บข้อมูลโรงเรือนเลี้ยงม้ากรณีศึกษาทั้ง 4 แห่ง และการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานโรงเรือนเลี้ยงม้า นำมากำหนดโรงเรือนจำลองตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองรูปแบบ ขนาด และตำแหน่งช่องเปิดที่มีผลต่อความเร็วลมในคอกม้า โดยกำหนดค่าความเร็วลมตั้งต้นจากค่าความเร็วลมเฉลี่ยของกรุงเทพมหานครเท่ากับ 1.38 เมตรต่อวินาทีจากทิศใต้ อุณหภูมิพื้นผิวของผนังคอนกรีตบล็อคสูงสุดเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส พื้นคอนกรีตเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส หลังคากระเบื้องคอนกรีตเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส และกำหนดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงสุดเท่ากับร้อยละ 80

3.6.1 โรงเรือนจำลองตัวอย่าง จากการศึกษาโรงเรือนเลี้ยงม้ากรณีศึกษาทั้ง 4 แห่ง และการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับมาตรฐานโรงเรือนเลี้ยงม้า สามารถสรุปโรงเรือนจำลองตัวอย่างที่จะนำมาใช้ในการทดลองและพัฒนาเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าที่เกิดความสบายเชิงอุณหภาพ

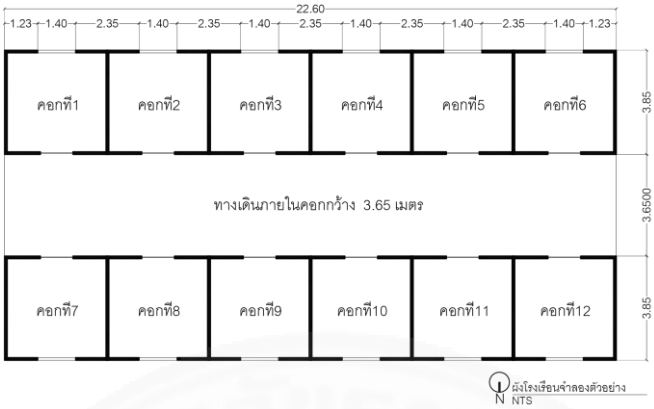
3.6.1.1 วางผังโรงเรือนแบบ Center Aisle ขนาดทางเดินภายในโรงเรือนกว้าง 3.65 เมตร

3.6.1.2 คอกม้าขนาดกว้าง 3.65x3.65 เมตร

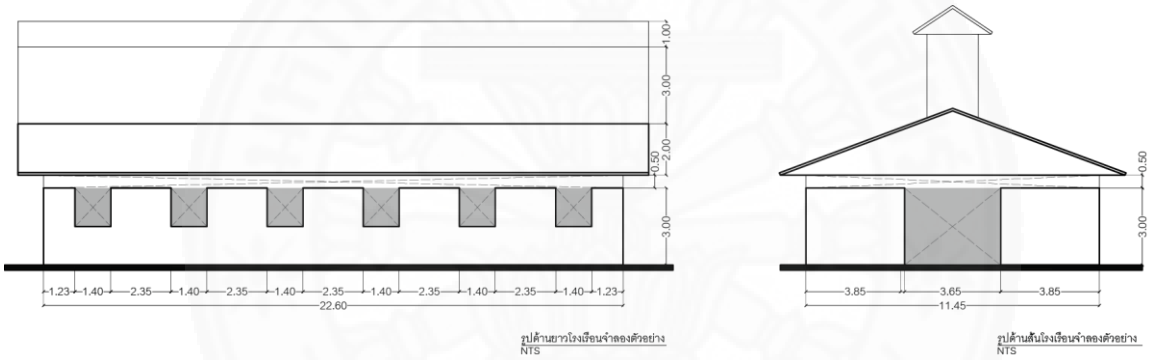
3.6.1.3 ช่องเปิดโรงเรือนขนาด 1.20x1.40 เมตร

Ref. code: 256059160301161QY

3.6.1.4 รูปแบบหลังคา Chimney ความสูงจากพื้น 6 เมตร เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศมากขึ้นตามหลัก Stack Effect โดยปล่องมีขนาดกว้าง 1.50 เมตร สูง 3 เมตร และช่องระบายอากาศกว้าง 0.50 เมตร



ภาพที่ 3.2 ผังโรงเรือนจำลองตัวอย่าง. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560

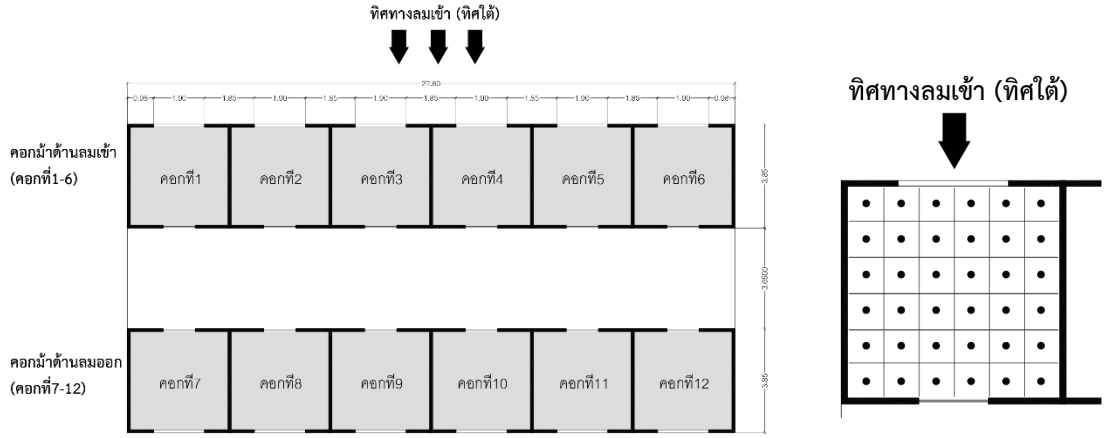


ภาพที่ 3.3 รูปด้านหน้าและ รูปด้านข้างโรงเรือนจำลองตัวอย่าง. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560

3.6.2 แนวทางการประเมินความสบายเชิงอุณหภาพสำหรับม้า พิจารณาเปรียบเทียบ ความเร็วลมเฉลี่ย ร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยต่อความเร็วลมตั้งต้น สัมประสิทธิ์ความแปรผัน อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง และร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ โดยพิจารณาตำแหน่งคอกม้าด้านลมเข้า คอกม้าด้านลมออก และคอกม้าทั้งหมดภายในโรงเรือน โดยศึกษาในระดับลำตัวม้าที่ตำแหน่งสูงจากพื้น 1.50 เมตร พิจารณาร่วมกับสมการดัชนีความสบาย ดังสมการที่ 1 และ ภาพที่ 3.4 เพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าในสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน

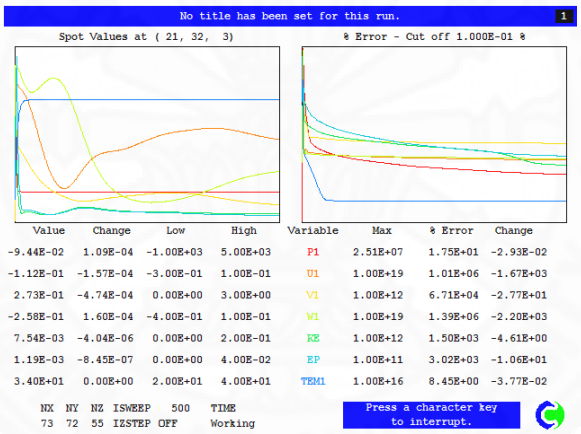
$$WBGT = (0.7 \times T_{wb}) + (0.3 \times T_g)$$ สมการที่ 1

Ref. code: 256059160301161QY



ภาพที่ 3.4 ภาพแสดงตำแหน่งคอกม้าด้านลมเข้า คอกม้าดานลมออก และจุดที่ทำการวัดผล. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560

การตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณของโปรแกรม พิจารณาจากกราฟแสดงความผันผวนของค่าความกดอากาศ ความเร็วลม อุณหภูมิ หากกราฟมีเส้นขนานตามแนวแกน X แสดงว่าการทดสอบมีความคงที่ และกราฟแสดงความผิดพลาดของการทดสอบซึ่งหากมีแนวโน้มที่ลดลงจนกระทั่งคงที่แสดงว่าผลการทดสอบมีความผิดพลาดลดลง



ภาพที่ 3.5 ค่าความผิดพลาดและความเสถียรของผลการทดสอบจากโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล

3.7 ชุดการทดลอง

3.7.1 ตัวแปรในการทดลอง

3.7.1.1 ตัวแปรต้น

(1) ขนาดและตำแหน่งช่องเปิดโรงเรือน

(2) ความสูงผนังคอกม้า

3.7.1.2 ตัวแปรตาม

Ref. code: 25605916030116IQY

(1) ค่าดัชนีความเครียดจากความร้อน (WBGT)

(2) ความเร็วลมเฉลี่ยในโรงเรือน

(3) ร้อยละความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้น

(4) อุณหภูมิที่ลดลง และสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ

(5) สัมประสิทธิ์ความแปรผันภายในโรงเรือน

3.7.1.3 ตัวแปรควบคุม

(1) ผังโรงเรือนแบบ Center Aisle ขนาดทางเดินภายในโรงเรือนกว้าง 3.65 เมตร

(2) คอกม้าขนาดกว้าง 3.65x3.65 เมตร

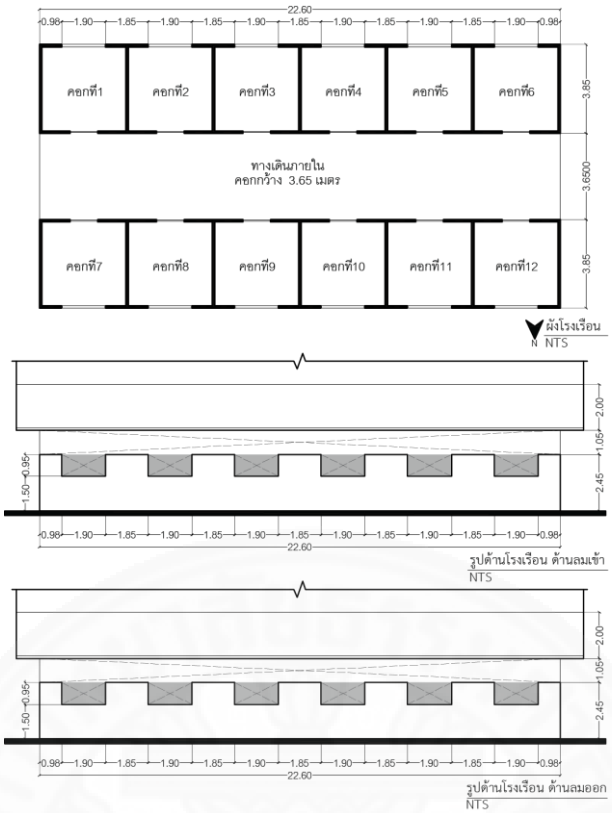
(3) รูปแบบหลังคา Chimney ความสูงจากพื้น 6 เมตร โดยปล่องมีขนาดกว้าง 1.50 เมตร สูง 3 เมตร และช่องระบายอากาศกว้าง 0.50 เมตร

(4) ความชื้นสัมพัทธ์ กำหนดให้ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับค่าสูงสุดที่กำหนดไว้สำหรับโรงเรือนเลี้ยงม้าคือร้อยละ 80

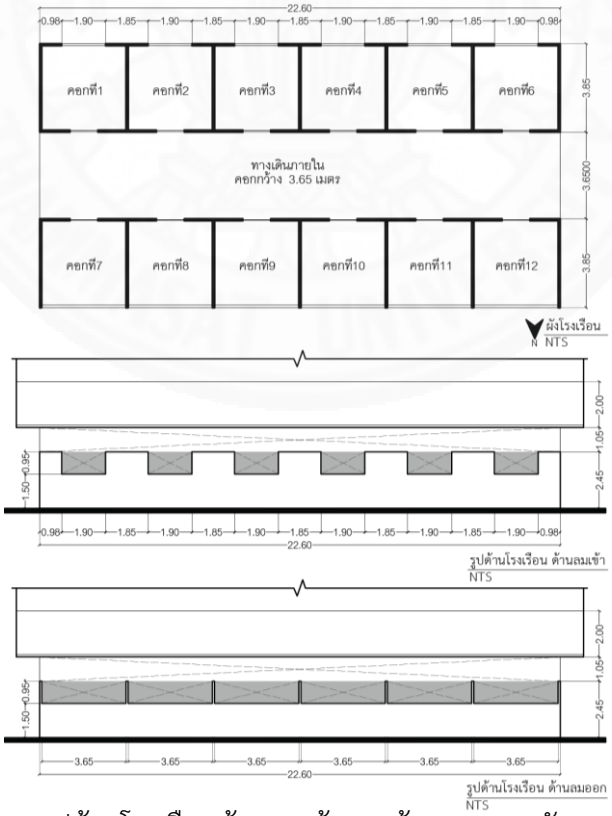
3.7.2 ชุดการทดลอง จากการจำลองโรงเรือนตัวอย่าง ได้ทำการทดลองขนาดช่องเปิดและตำแหน่งของคอกม้าด้านลมเข้า และคอกม้าด้านลมออกโดยกำหนดอัตราส่วนของช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังคอกม้าขนาดร้อยละ20 และร้อยละ50 โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด

3.7.2.1 ผนังคอกม้าสูง 2.45 เมตร ช่องเปิดร้อยละ20 ขนาด 0.95x1.90 เมตร ช่องเปิดร้อยละ50 ขนาด 0.95x3.65 เมตร และช่องว่างระหว่างผนังคอกและระดับฝ้าโรงเรือนเท่ากับ 1.05 เมตร

Ref. code: 256059160301161QY

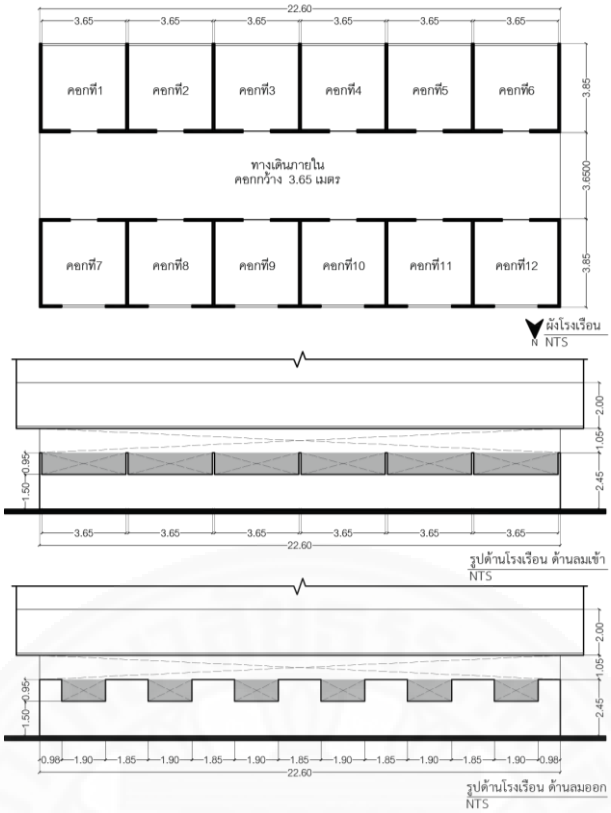


ภาพที่ 3.6 ผัง (ภาพบน) และรูปด้านโรงเรือนด้านลมเข้าและด้านลมออก อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกที่ 20:20 ผนังสูง 2.45 เมตร

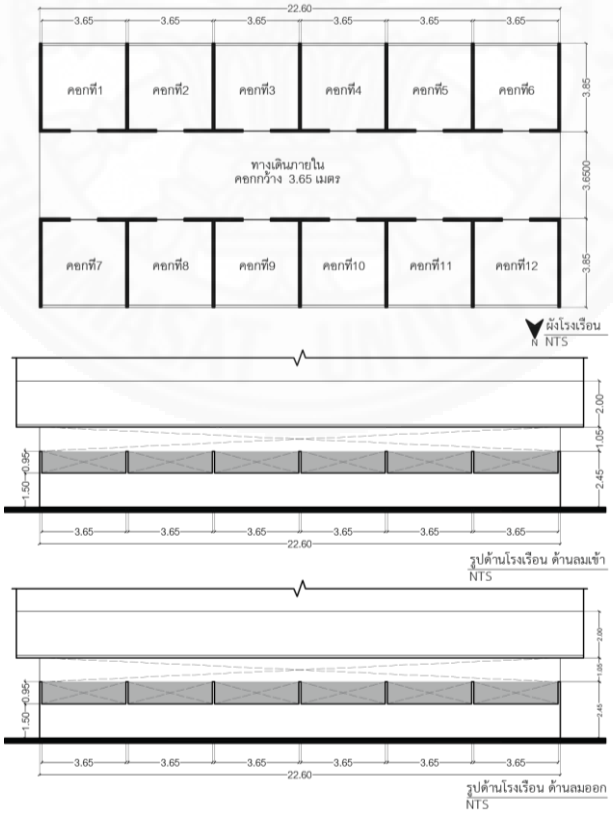


ภาพที่ 3.7 ผัง (ภาพบน) และรูปด้านโรงเรือนด้านลมเข้าและด้านลมออก อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกที่ 20:50 ผนังสูง 2.45 เมตร

Ref. code: 256059160301161QY



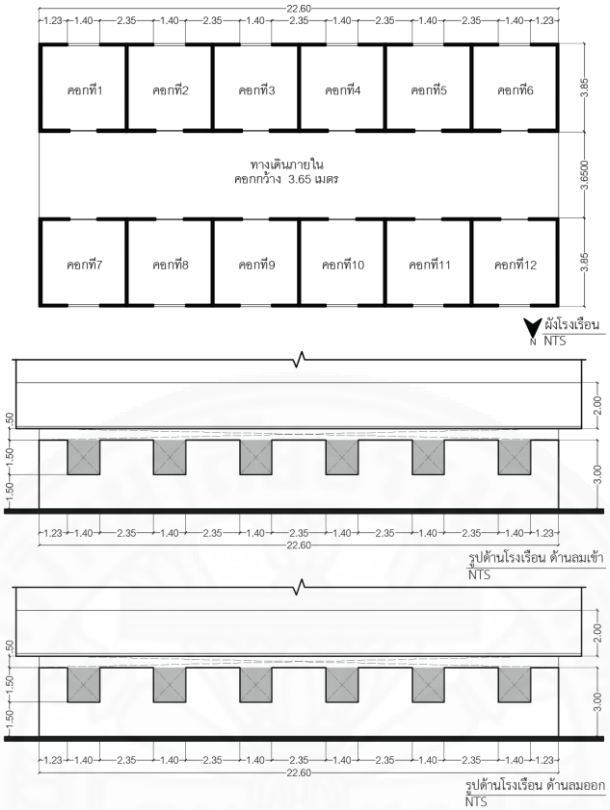
ภาพที่ 3.8 ผัง (ภาพบน) และรูปด้านโรงเรือนด้านลมเข้าและด้านลมออก อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกที่ 50:20 ผนังสูง 2.45 เมตร



ภาพที่ 3.9 ผัง (ภาพบน) และรูปด้านโรงเรือนด้านลมเข้าและด้านลมออก อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกที่ 50:50 ผนังสูง 2.45 เมตร

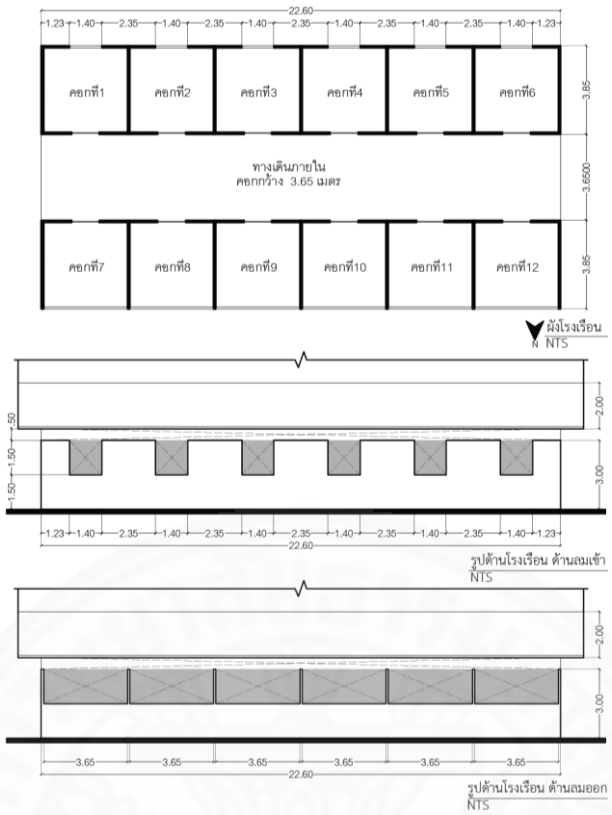
Ref. code: 256059160301161QY

3.7.2.2 ผนังคอกม้าสูง 3.00 เมตร ช่องเปิดร้อยละ20 ขนาด 1.50x1.40 เมตร ช่องเปิดร้อยละ50 ขนาด 1.50x3.65 เมตร และช่องว่างระหว่างผนังคอกและระดับฝ้าโรงเรือนเท่ากับ 0.50 เมตร

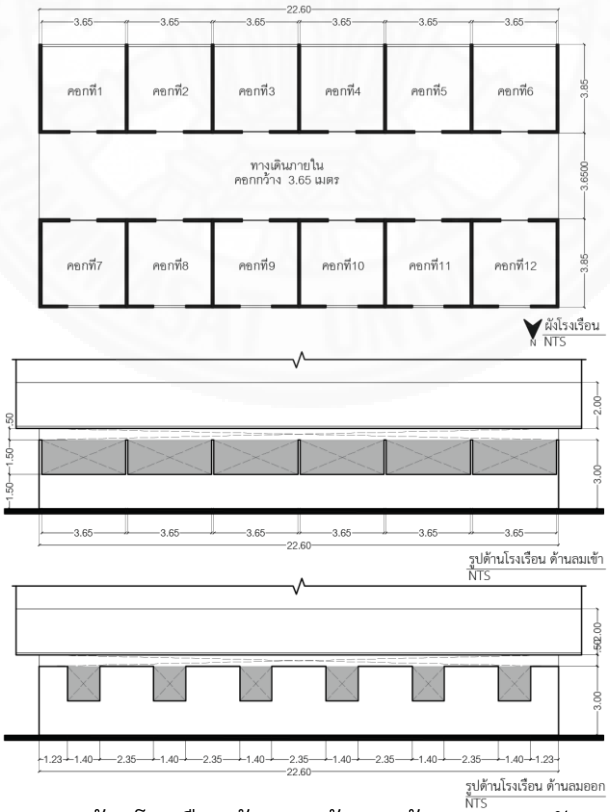


ภาพที่ 3.10 ผัง (ภาพบน) และรูปด้านโรงเรือนด้านลมเข้าและด้านลมออก อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกที่ 20:20 ผนังสูง 3.00 เมตร

Ref. code: 256059160301161QY

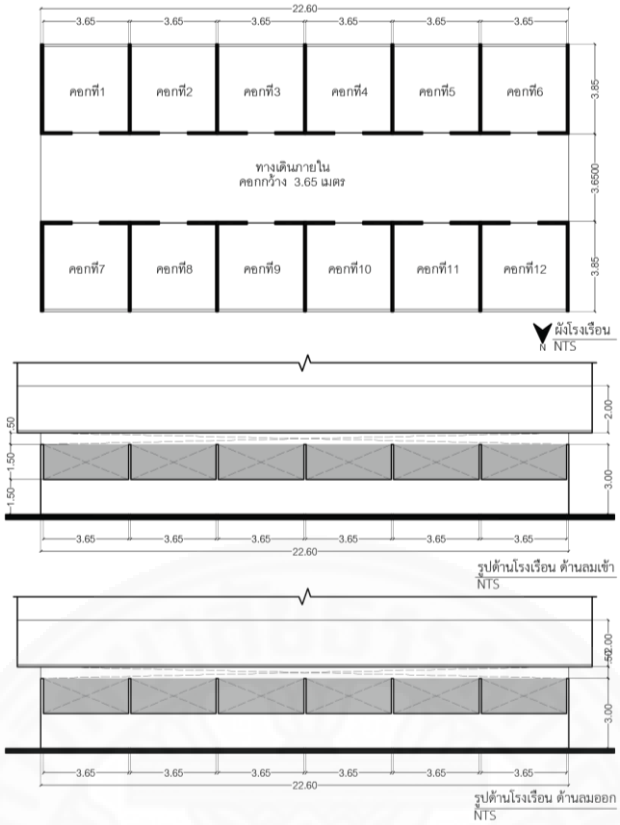


ภาพที่ 3.11 ผัง (ภาพบน) และรูปด้านโรงเรือนด้านลมเข้าและด้านลมออก อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกที่ 20:50 ผนังสูง 3.00 เมตร



ภาพที่ 3.12 ผัง (ภาพบน) และรูปด้านโรงเรือนด้านลมเข้าและด้านลมออก อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกที่ 50:20 ผนังสูง 3.00 เมตร

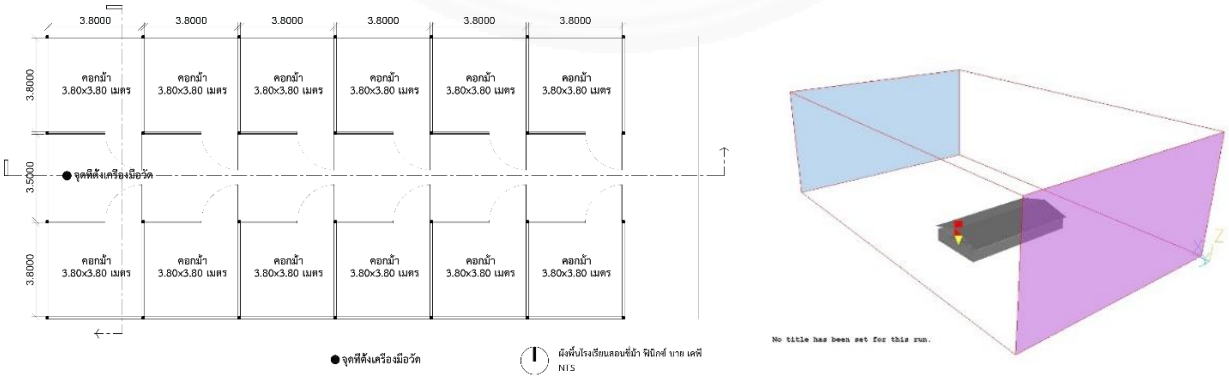
Ref. code: 256059160301161QY



ภาพที่ 3.13 ผัง (ภาพบน) และรูปด้านโรงเรือนด้านลมเข้าและด้านลมออก อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกที่ 50:50 ผนังสูง 3.00 เมตร

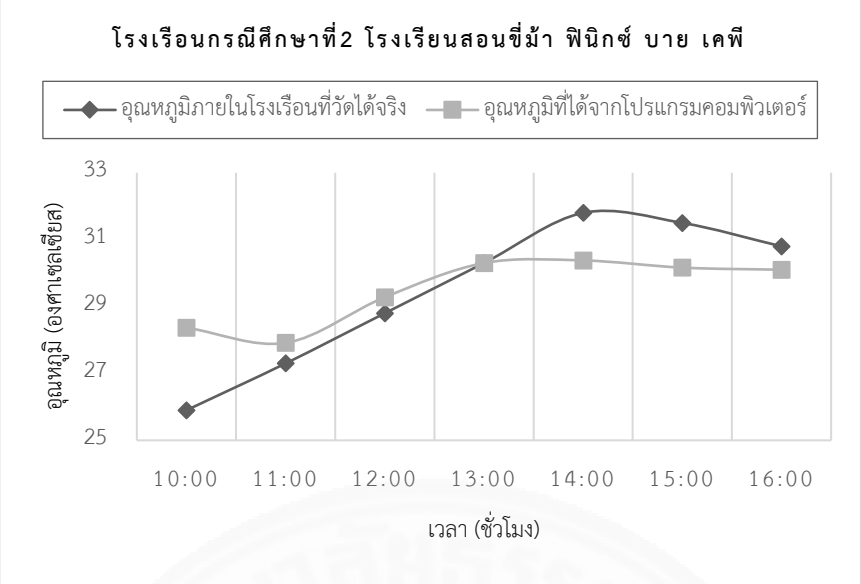
3.7.3 การตรวจสอบความแม่นยำการจำลองด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเปรียบเทียบกับข้อมูลที่เก็บได้จริงโดยการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ และความเร็วลมของโรงเรือนกรณีศึกษา 2 โรงเรือน เพื่อนำมาเป็นข้อมูลตั้งต้น (Input) ได้แก่ *โรงเรียน*สอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี และ สโมสรเซ็คเมสฮอร์ทคลับ

3.7.3.1 *โรงเรียน*สอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี

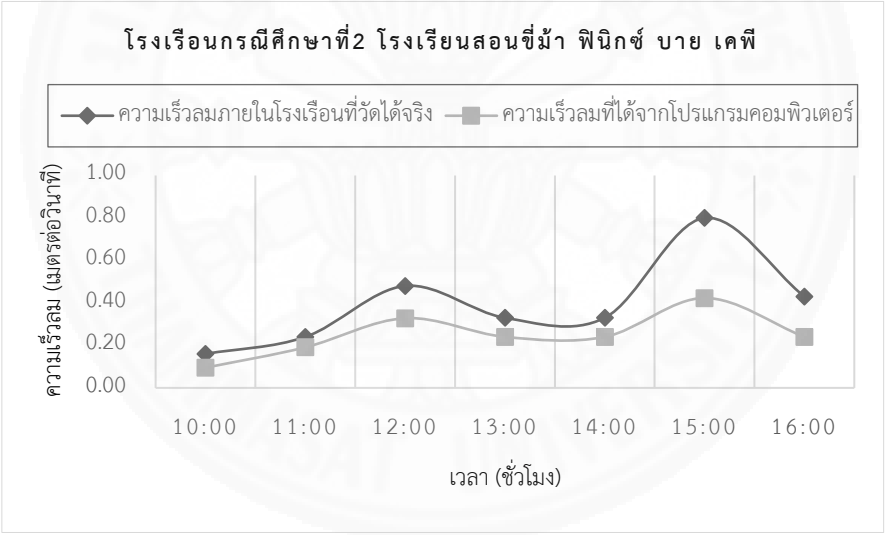


ภาพที่ 3.14 ภาพแสดงจุดที่ทำการตั้งเครื่องมือวัดภายในและภายนอกโรงเรือน และ การจำลองโรงเรือนในโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560

Ref. code: 256059160301161QY



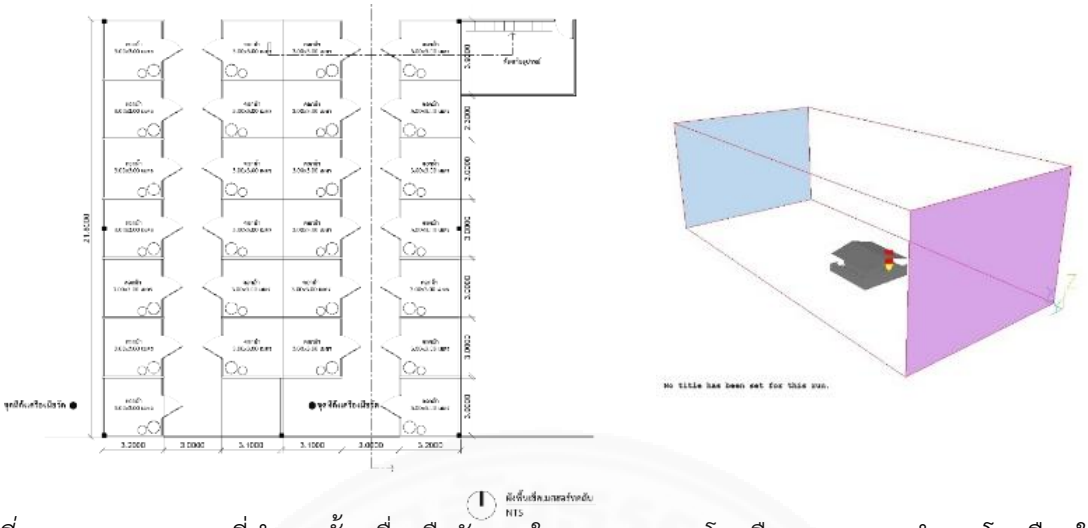
ภาพที่ 3.15 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในโรงเรือนและ อุณหภูมิที่วัดได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560



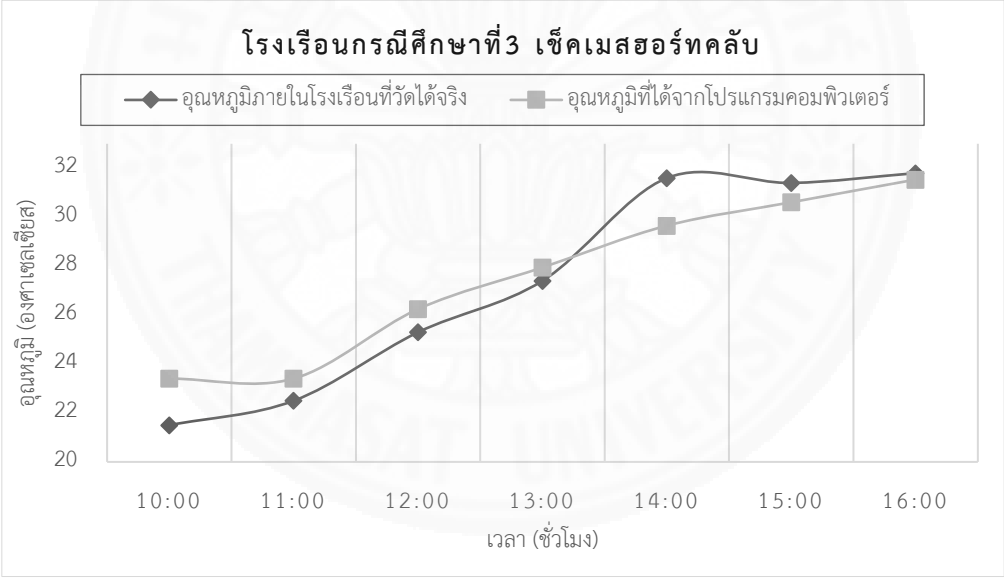
ภาพที่ 3.16 กราฟเปรียบเทียบความเร็วลม*ภายในโรงเรือนและ ความเร็วลมที่วัดได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โรงเรียน*สอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560

Ref. code: 256059160301161QY

3.7.3.2 สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ



ภาพที่ 3.17 ภาพแสดงจุดที่ทำการตั้งเครื่องมือวัดภายในและภายนอกโรงเรือน และ การจำลองโรงเรือนในโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560



ภาพที่ 3.18 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในโรงเรือนและ อุณหภูมิที่วัดได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช็คเมสฮอร์ทคลับ. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560

Ref. code: 256059160301161QY

ภาพที่ 3.19 กราฟเปรียบเทียบความเร็วลมภายในโรงเรือนและ ความเร็วลมที่วัดได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เซ็คเมสฮอร์ทคลับ. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560

จากกราฟเปรียบเทียบจะเห็นว่า ผลของอุณหภูมิ และความเร็วลมมีความสัมพันธ์กัน มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันโดยค่าอุณหภูมิ และความเร็วลมที่วัดได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะมีค่าต่ำกว่าค่าภายในโรงเรือนที่วัดได้จริงเพียงเล็กน้อย

Ref. code: 256059160301161QY

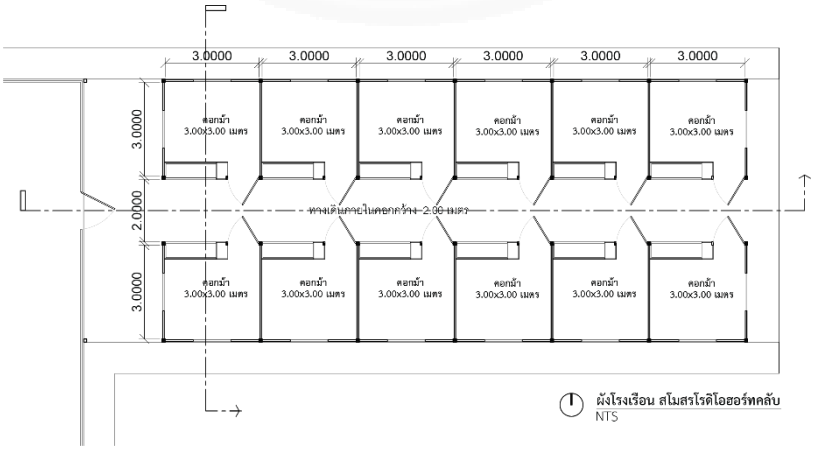
บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกคือการศึกษาโรงเรือนเลี้ยงม้าจำนวน 4 แห่ง ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลเพื่อเป็นตัวแทนโรงเรือนที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติในเขตอากาศร้อนชื้น เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของโรงเรือนได้แก่ ทิศทางการวางผังอาคาร องค์ประกอบของโรงเรือน ขนาดวัสดุโรงเรือน อุณหภูมิอากาศ และความชื้น รวมไปถึงความเร็วลม ส่วนที่สองของการวิจัย การสร้างโรงเรือนจำลองตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองตัวแปรที่มีผลต่อความสบายเชิงอุณหภาพ การวิจัยนี้ศึกษาความเร็วลมที่มีผลต่อความสบายเชิงอุณหภาพ ทดลองตัวแปรต้นคือ ขนาด และตำแหน่งช่องเปิดบริเวณคอกม้าเพื่อทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพ

4.1 โรงเรือนเลี้ยงม้ากรณีศึกษา

4.1.1 โรงเรือนกรณีศึกษาที่ 1 สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ

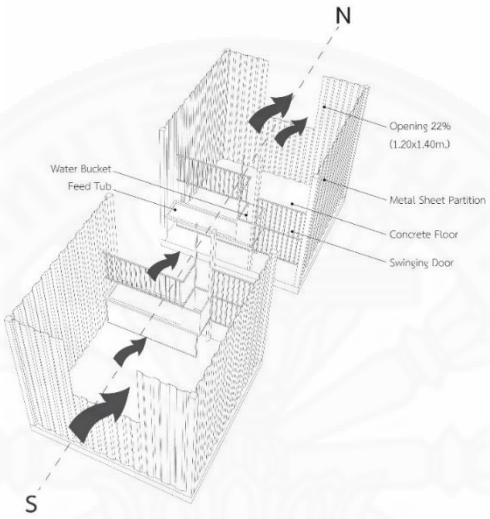
ภาพที่ 4.1 โรงเรือนเลี้ยงม้า สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560



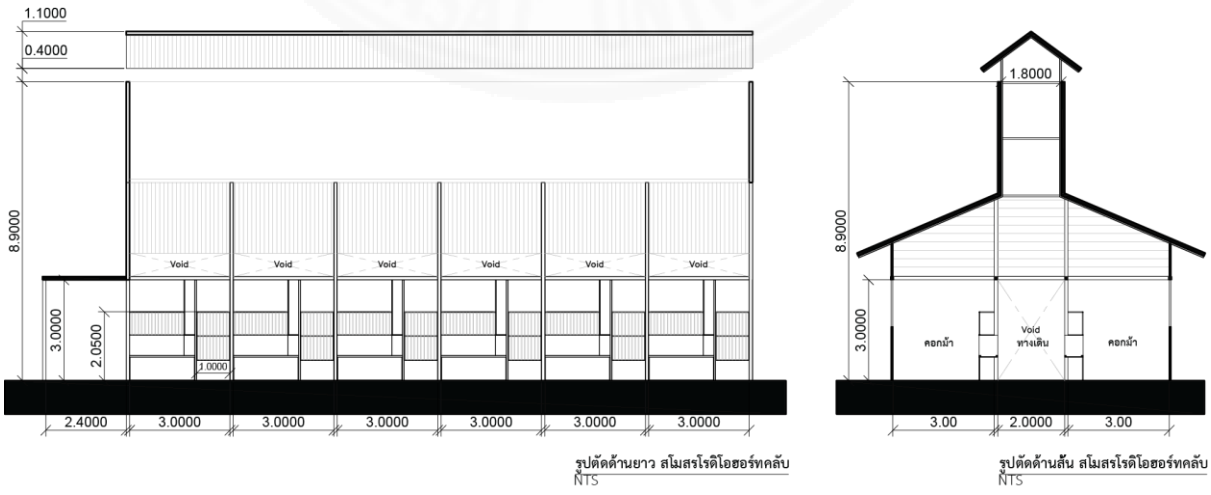
ภาพที่ 4.2 ผังพื้นโรงเรือนเลี้ยงม้า สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560

Ref. code: 256059160301161QY

โรงเรือนเลี้ยงม้าขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 18 เมตร หันด้านยาวของอาคารในทิศเหนือใต้ (ขวางลม) ประกอบด้วยคอกม้าขนาด 3x3 เมตร สูง 3 เมตร ช่องเปิดขนาด 1.20x1.50 เมตร ที่ตำแหน่งกลางคอก โดยสูงจากระดับพื้น 1.50 เมตร จำนวน 12 คอก พื้นคอกทำด้วยวัสดุคอนกรีตที่มีความลาดเอียงเพื่อระบายน้ำ ผนังคอกม้าทำด้วยวัสดุเมทัลชีทโดยผนังคอกม้าด้านหน้าประกอบด้วยประตูคอกกว้าง 1 เมตร สูง 2 เมตร ใช้วัสดุซี่เหล็กกลมวางห่างกันประมาณ 7 เซนติเมตร จัดวางผังคอกม้าโดยมีทางเดินตรงกลาง (Center Aisle) ขนาดทางเดินกว้าง 2 เมตร หลังคาทรงจั่วและมีรูปแบบช่องเปิดลักษณะปล่องระบายอากาศ (Chimney) เพื่อการระบายความร้อนโดยหลักการความแตกต่างของความดันและอุณหภูมิช่วยในการดึงลมจากภายนอกเข้าสู่โรงเรือน



ภาพที่ 4.3 ลักษณะคอกม้าและทิศทางการเคลื่อนที่ของลมเมื่อผ่านบริเวณคอกม้า สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560



ภาพที่ 4.4 รูปตัดโรงเรือนด้านสั้นและด้านยาว สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560

Ref. code: 25605916030116IQY

การเก็บข้อมูลได้ทำการวัดอุณหภูมิอากาศภายนอกโรงเรือน อุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุบริเวณคอกม้าที่เวลา 13:00น. โดยอุณหภูมิอากาศภายนอกโรงเรือนและภายในโรงเรือนเท่ากับ 33.6 และ 33 องศาเซลเซียสตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 52.7 และวัดอุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุบริเวณคอกม้ารายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1

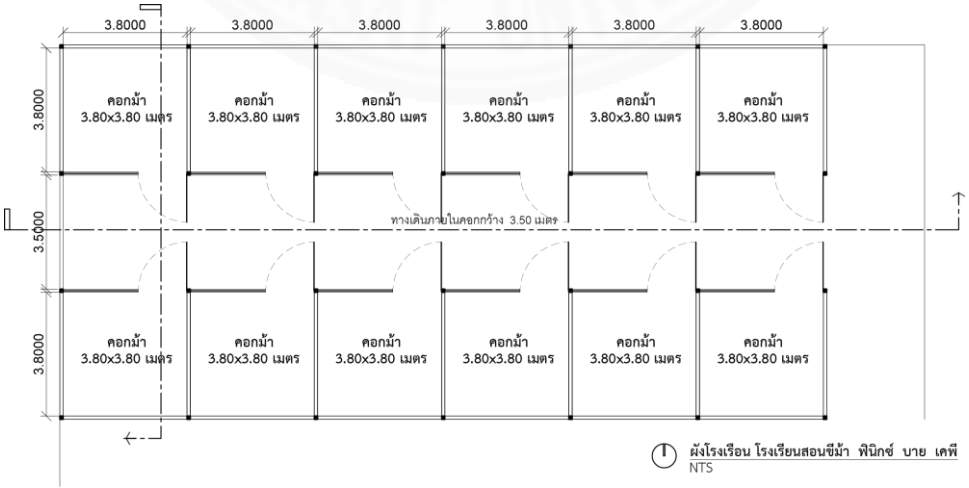
ตารางแสดงอุณหภูมิพื้นผิววัสดุสโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ

	พื้น	**ผนังทิศเหนือ**	**ผนังทิศตะวันออก**	**ผนังทิศใต้**	**ผนังทิศตะวันตก**	**หลังคา**	**ผิวม้า**
อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	20	30	32	33	32	57	38

ที่มา: ผู้วิจัย. 2560

4.1.2 โรงเรือนกรณีศึกษาที่ 2 โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี

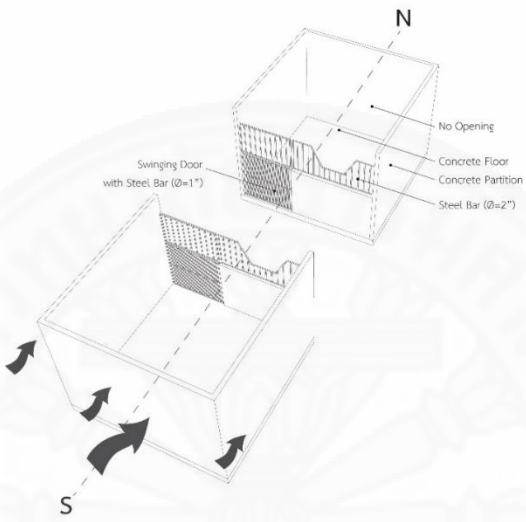
ภาพที่ 4.5 โรงเรือนเลี้ยงม้า โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560



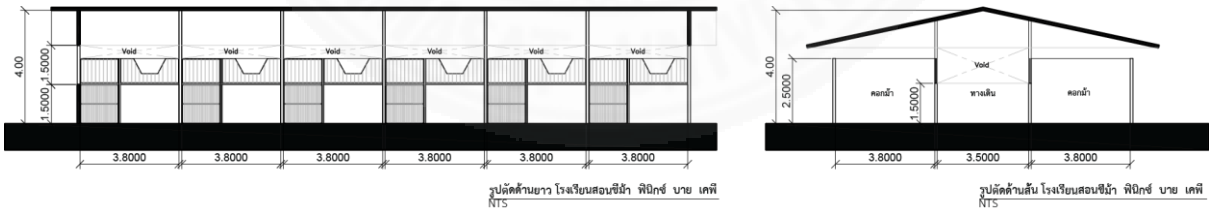
ภาพที่ 4.6 ผังพื้นโรงเรือนเลี้ยงม้า โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560

Ref. code: 25605916030116IQY

โรงเรือนเลี้ยงม้าขนาดกว้าง 11.3 เมตร ยาว 23.3 เมตร หันด้านยาวของอาคารในทิศเหนือใต้ (ขวางลม) ประกอบด้วยคอกม้าขนาด 3.8x3.8 เมตร จำนวน 12 คอก พื้นคอกทำด้วยวัสดุคอนกรีตที่มีความลาดเอียงเพื่อระบายน้ำ ผนังคอกม้าสูง 2.5 เมตร ทำด้วยวัสดุคอนกรีตบล็อคทาสีโดยผนังคอกม้าด้านหน้าประกอบด้วยประตูคอกกว้าง 1.5 เมตร ใช้วัสดุซี่เหล็กกลมแนวตั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1นิ้ว และ2นิ้ว วางห่างกันประมาณ 3 เซนติเมตรและ 12 เซนติเมตร จัดวางผังคอกม้าโดยมีทางเดินตรงกลาง (Center Aisle) ขนาดทางเดินกว้าง 3.5 เมตร หลังคาทรงจั่วติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดเซลลูโลสเพื่อป้องกันความร้อนจากหลังคาถ่ายเทลงมายังบริเวณคอกม้า



ภาพที่ 4.7 ลักษณะคอกม้าและทิศทางการเคลื่อนที่ของลมเมื่อผ่านบริเวณคอกม้า *โรงเรียน*สอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560



ภาพที่ 4.8 รูปตัดโรงเรือนด้านสั้นและด้านยาว *โรงเรียน*สอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560

การเก็บข้อมูลได้ทำการวัดอุณหภูมิอากาศภายนอกโรงเรือน อุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุบริเวณคอกม้าที่เวลา 13:00น. โดยอุณหภูมิอากาศภายนอกโรงเรือนและภายในโรงเรือนเท่ากับ 33 และ 32.7 องศาเซลเซียสตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 56.3 และวัดอุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุบริเวณคอกม้ารายละเอียดดังตารางที่ 4.2

Ref. code: 25605916030116IQY

ตารางที่ 4.2

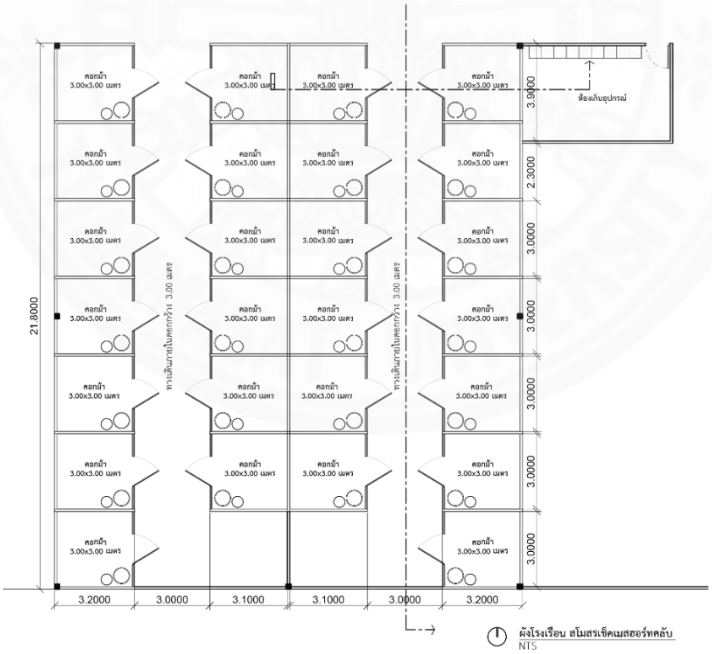
ตารางแสดงอุณหภูมิพื้นผิววัสดุ*โรงเรียน*สอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี

	พื้น	**ผนังทิศเหนือ**	**ผนังทิศตะวันออก**	**ผนังทิศใต้**	**ผนังทิศตะวันตก**	**หลังคา**	**ผิวม้า**
อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	12	20	23	22	23	35	38

ที่มา: ผู้วิจัย. 2560

4.1.3 โรงเรือนกรณีศึกษาที่ 3 สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ

ภาพที่ 4.9 โรงเรือนเลี้ยงม้า สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560

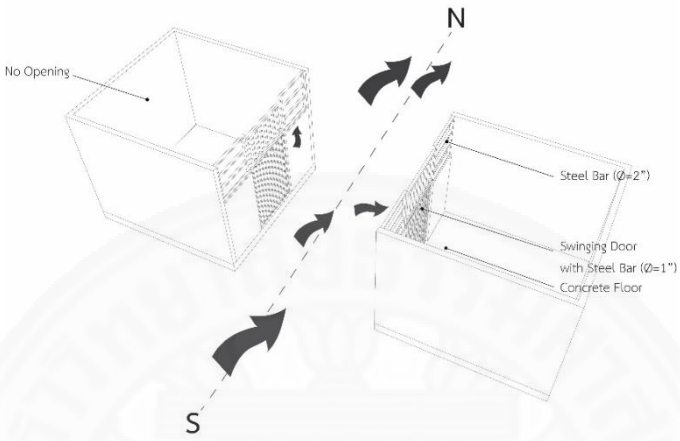


ภาพที่ 4.10 ผังพื้นโรงเรือนเลี้ยงม้า สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560

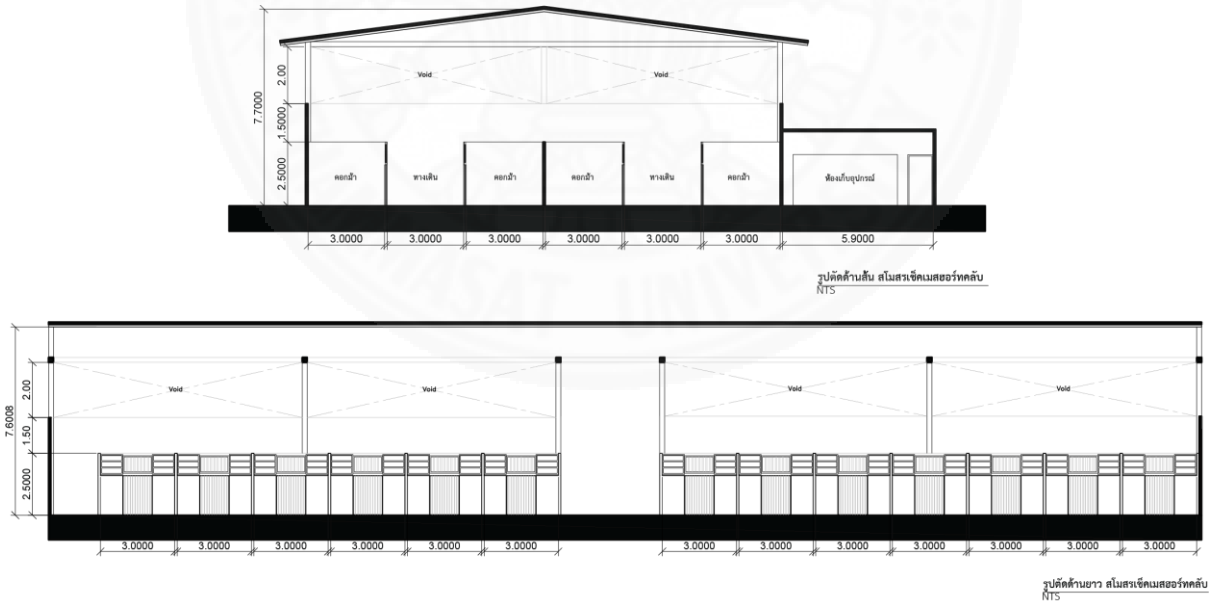
โรงเรือนเลี้ยงม้าขนาดกว้าง 18 เมตร ยาว 46.5 เมตร โดยหันด้านสั้นของอาคารในทิศเหนือใต้ (ตามลม) ประกอบด้วยคอกม้าขนาด 3x3 เมตร จำนวน 52 คอก เมตร พื้นคอกทำด้วยวัสดุคอนกรีตที่มีความ

Ref. code: 25605916030116IQY

ลาดเอียงเพื่อระบายน้ำ ผนังคอกม้าสูง 2.5 เมตรทำด้วยวัสดุคอนกรีตบล็อกททาสีโดยผนังคอกม้าด้านหน้าประกอบด้วยประตูคอกกว้าง 1.2 เมตร ที่ตำแหน่งกลางผนังคอกม้าใช้วัสดุซี่เหล็กกลมแนวตั้งและแนวนอนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1นิ้ว และ 2นิ้ว วางห่างกันประมาณ 9 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตร จัดวางผังคอกม้าโดยมีทางเดินตรงกลาง (Center Aisle) ขนาดทางเดินกว้าง 3 เมตร และคอกม้าบริเวณตรงกลางวางชิดติดกันติดกัน (Island Stall) หลังคาคอนกรีตทรงจั่วสูงจากระดับพื้น 7.7 เมตร



ภาพที่ 4.11 ลักษณะคอกม้าและทิศทางการเคลื่อนที่ของลมเมื่อผ่านบริเวณคอกม้า สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560



ภาพที่ 4.12 รูปตัดโรงเรือนด้านสั้นและด้านยาว สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560

การเก็บข้อมูลได้ทำการวัดอุณหภูมิอากาศภายนอกโรงเรือน อุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุบริเวณคอกม้าที่เวลา 13:00น. โดยอุณหภูมิอากาศภายนอก

Ref. code: 25605916030116IQY

โรงเรือนและภายในโรงเรือนเท่ากับ 33และ 31.5 องศาเซลเซียสตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 56 และวัดอุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุบริเวณคอกม้ารายละเอียดดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3

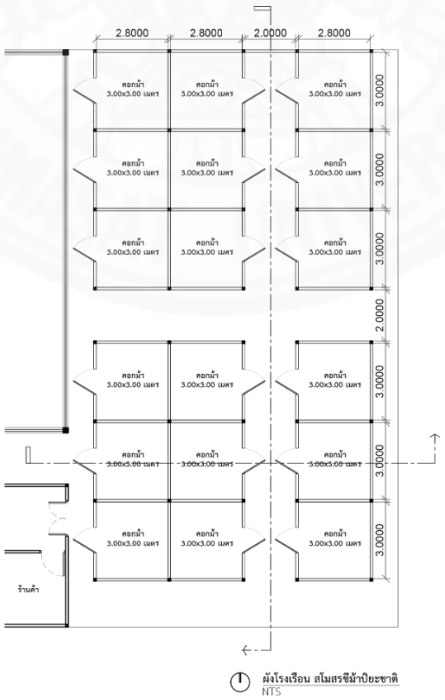
ตารางแสดงอุณหภูมิพื้นผิววัสดุสโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ

	พื้น	**ผนังทิศเหนือ**	**ผนังทิศตะวันออก**	**ผนังทิศใต้**	**ผนังทิศตะวันตก**	**หลังคา**	**ผิวม้า**
อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	20	29	29	30	29	70	40

ที่มา: ผู้วิจัย. 2560

4.1.4 โรงเรือนกรณีศึกษาที่ 4 สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ

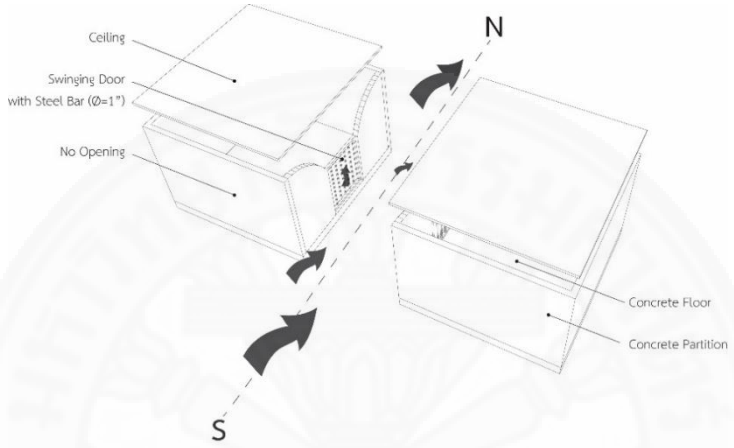
ภาพที่ 4.13 โรงเรือนเลี้ยงม้า สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560



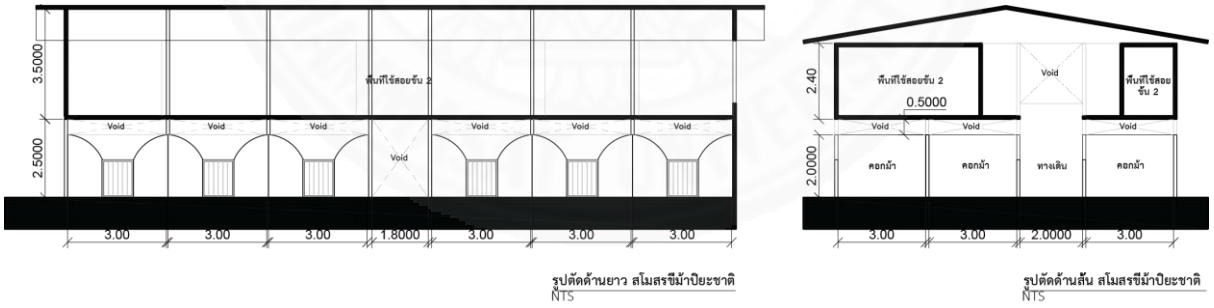
ภาพที่ 4.14 ผังพื้นโรงเรือนเลี้ยงม้า สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560

Ref. code: 256059160301161QY

โรงเรือนเลี้ยงม้าขนาดกว้าง 10.7 เมตร ยาว 20.6 เมตร โดยหันด้านสั้นของอาคารในทิศเหนือใต้ (ตามลม) ประกอบด้วยคอกม้าขนาด 3x3 เมตร จำนวน 18 คอก เมตร พื้นคอกทำด้วยวัสดุคอนกรีตที่มีความลาดเอียงเพื่อระบายน้ำ ผนังคอกม้าสูง 2 เมตรทำด้วยวัสดุคอนกรีตบล็อกททาสีโดยผนังคอกม้าด้านหน้าประกอบด้วยประตูคอกกว้าง 1 เมตร ที่ตำแหน่งกลางผนังคอกม้าใช้วัสดุซี่เหล็กกลมแนวตั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1นิ้ว วางห่างกันประมาณ 10 เซนติเมตร จัดวางผังคอกม้าโดยมีทางเดินตรงกลาง (Center Aisle) ขนาดทางเดินกว้าง 2 เมตร และมีส่วนที่คอกม้าวางชิดติดกันติดกัน (Island Stall) โรงเรือนเป็นอาคารสองชั้น โดยระดับความสูงจากพื้นคอกถึงพื้นชั้นที่สองเท่ากับ 2.5 เมตร



ภาพที่ 4.15 ลักษณะคอกม้าและทิศทางการเคลื่อนที่ของลมเมื่อผ่านบริเวณคอกม้า สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560



ภาพที่ 4.16 รูปตัดโรงเรือนด้านสั้นและด้านยาว สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ. โดย ผู้ทำวิจัย. 2560

การเก็บข้อมูลได้ทำการวัดอุณหภูมิอากาศภายนอกโรงเรือน อุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุบริเวณคอกม้าที่เวลา 13:00น. โดยอุณหภูมิอากาศภายนอกโรงเรือนและภายในโรงเรือนเท่ากับ 30 และ 31 องศาเซลเซียสตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 58.2 และวัดอุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุบริเวณคอกม้ารายละเอียดดังตารางที่ 4.4

Ref. code: 25605916030116IQY

ตารางที่ 4.4

ตารางแสดงอุณหภูมิพื้นผิววัสดุสโมสรขี่ม้าปิยะชาติ

	พื้น	**ผนังทิศเหนือ**	**ผนังทิศตะวันออก**	**ผนังทิศใต้**	**ผนังทิศตะวันตก**	**หลังคา**	**ผิวม้า**
อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	18	28	30	28	28	30	37

ที่มา: ผู้วิจัย. 2560

จากการศึกษาโรงเรือนกรณีศึกษาทั้ง 4 โรงเรือน สามารถสรุปลักษณะทางกายภาพของโรงเรือนแต่ละโรงเรือน และการวัดค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกโรงเรือน อุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน และความชื้นสัมพัทธ์ ดังตาราง

ตารางที่ 4.5

ตารางแสดงรูปแบบผัง หลังคา และช่องเปิดหลังคาโรงเรือน

โรงเรือน	**รูปแบบผัง**	**รูปแบบหลังคา**	**รูปแบบช่องเปิดหลังคา**
สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ	Center Aisle	Clerestory	Chimney
โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี	Center Aisle	Gable	-
สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ	Center Aisle + Island Stall	Gable	-
สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ	Center Aisle	Gable	-

ที่มา: ผู้วิจัย. 2560

ตารางที่ 4.6

ตารางแสดงรายละเอียดขนาดโรงเรือน

โรงเรือน	**ขนาด (เมตร)**				**ความสูง (เมตร)**	
	คอก	**ประตู**	**ทางเดินภายใน**	**ช่องเปิด**	**ผนังคอก**	**ฝ้า**
สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ	3.00x3.00	1.00	2.00	1.20x1.50	3.00	6.00
โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี	3.80x3.80	1.50	3.50	-	3.00	4.00
สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ	3.50x3.50	1.20	3.00	-	2.50	7.60
สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ	3.00x3.00	1.00	2.00	-	2.00	2.50

ที่มา: ผู้วิจัย. 2560

Ref. code: 256059160301161QY

ตารางที่ 4.7

ตารางแสดงวัสดุโรงเรือน

โรงเรือน	วัสดุ			
	พื้น	ผนัง	หลังคา/ฉนวน	วัสดุปูรอง
สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ	คอนกรีต	เมทัลชีท	เมทัลชีท/ฉนวนโฟม	แผ่นยาง
โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี	คอนกรีต	คอนกรีตบล็อค/ตะแกรงเหล็ก	กระเบื้องคอนกรีต/ฉนวนใยไหม	ฟาง/แกลบ
สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ	คอนกรีต	คอนกรีตบล็อค/ตะแกรงเหล็ก	กระเบื้องคอนกรีต	ฟาง/แกลบ
สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ	คอนกรีต	คอนกรีตบล็อค	เมทัลชีท/ฉนวนโฟม	แผ่นยาง

ที่มา: ผู้วิจัย. 2560

ตารางที่ 4.8

ตารางแสดงอุณหภูมิพื้นผิว

โรงเรือน	อุณหภูมิพื้นผิว (องศาเซลเซียส)						
	พื้น	ผนัง1	ผนัง2	ผนัง3	ผนัง4	หลังคา	ม้า
สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ	20	30	32	33	32	57	38
โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี	12	20	23	22	23	35	38
สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ	20	29	29	30	29	70	40
สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ	18	28	30	28	28	30	37

ที่มา: ผู้วิจัย. 2560

ตารางที่ 4.9

ตารางแสดงอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ช่วงเวลา 13:00น.

โรงเรือน	ทิศการการวางคอก	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
		ภายใน	ภายนอก	
สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ	ขวางลม (หันด้านยาวโรงเรือนในทิศเหนือใต้)	33	33.6	52.7
โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี		31.5	33	56
สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ	ตามลม (หันด้านสั้นโรงเรือนในทิศเหนือใต้)	34.2	33	56.3
สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ		31	30	58.2

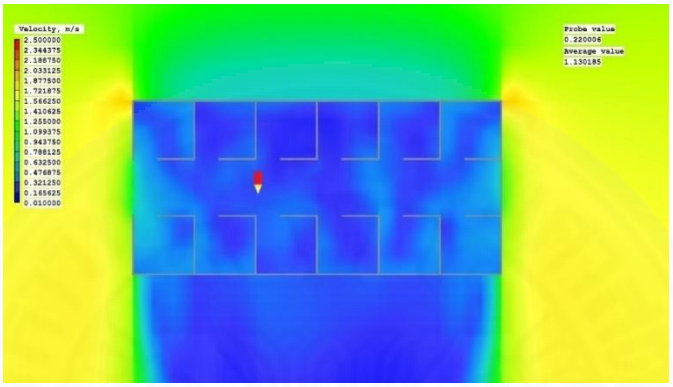
ที่มา: ผู้วิจัย. 2560

Ref. code: 256059160301161QY

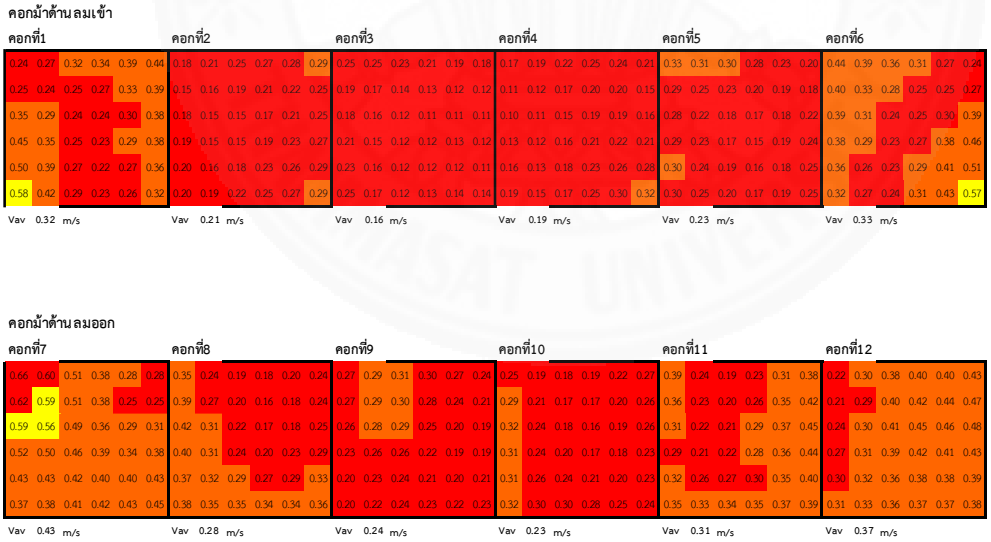
4.2 การจำลองการไหลของอากาศของโรงเรือนกรณีศึกษา

จำลองการไหลของอากาศด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหลโรงเรือนกรณีศึกษาที่2 (โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี) และโรงเรือนที่ 3 (สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ) เป็นตัวแทนของโรงเรือนที่มีลักษณะการวางด้านยาวของโรงเรือนขวางลมและตามลมตามลำดับ

4.2.1 โรงเรือนกรณีศึกษาที่ 2 โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี



ภาพที่ 4.17 ภาพจำลองการเคลื่อนที่ของอากาศภายในโรงเรือน โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี



	Vเฉลี่ย (m/s)
ด้านลมเข้า	0.24
ด้านลมออก	0.31
โรงเรือน	0.27

V (m/s)	Diff. T (°C)
<0.28	ไม่ลด
0.28	0.375
0.56	0.75
0.83	1.125
1.11	1.5
1.39	1.875
1.67	2.25

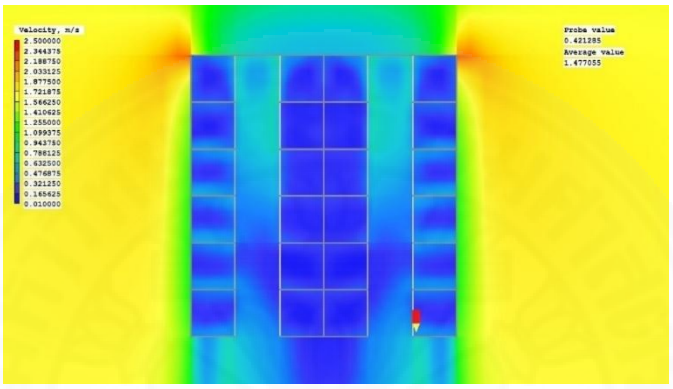
ภาพที่ 4.18 ภาพแสดงอุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลงภายในโรงเรือน โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี

จากการทดสอบโรงเรียนสอนขี่ม้าฟินิกซ์ บาย เคพีพบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยของคอกม้าด้านลมเข้า (คอกที่1-6) เท่ากับ 0.24 เมตรต่อวินาที ความเร็วลมเฉลี่ยของคอกม้าด้านลมออก (คอกที่7-12) เท่ากับ 0.31 เมตรต่อวินาที และความเร็วเฉลี่ยในโรงเรือนเท่ากับ 0.27 เมตรต่อวินาที เมื่อพิจารณาความเร็วลมที่มีผล

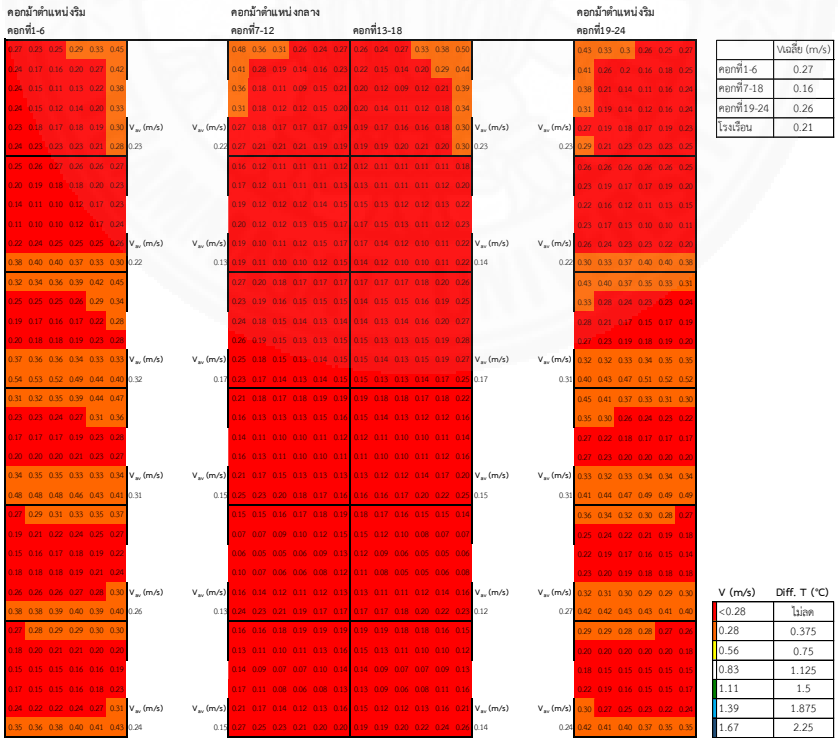
Ref. code: 25605916030116IQY

ต่ออุณหภูมิที่ทำให้ม้ารู้สึกเย็นลงดังภาพที่ 4.18 พบว่าอุณหภูมิคอกม้าด้านลมออกสามารถลดลงได้ 0.375 องศาเซลเซียส ในขณะที่ความเร็วลมเฉลี่ยของคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเฉลี่ยทุกคอกยังไม่สามารถทำให้เกิดการลดอุณหภูมิได้ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ของคอกม้าด้านลมเข้าตำแหน่งกลางโรงเรือนมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำและไม่เกิดการลดอุณหภูมิเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่คอกม้าตำแหน่งริมโรงเรือนมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของคอกม้าด้านลมออกตำแหน่งกลางและริมโรงเรือนมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าคอกม้าด้านลมเข้า พื้นที่ที่เกิดการลดอุณหภูมิมากขึ้นโดยเฉพาะคอกม้าตำแหน่งริมโรงเรือน

4.2.2 โรงเรือนกรณีศึกษาที่ 3 สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ



ภาพที่ 4.19 ภาพจำลองอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือน สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ



ภาพที่ 4.20 ภาพแสดงอุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลงภายในโรงเรือน สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ

Ref. code: 25605916030116IQY

จากการทดสอบสโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับพบว่าความเร็วลมเฉลี่ยของคอกม้าตำแหน่งกลางโรงเรือน (คอกที่7-18) เท่ากับ 0.16 เมตรต่อวินาที ซึ่งน้อยกว่าคอกม้าตำแหน่งริมโรงเรือน (คอกที่1-6 และคอกที่ 19-24) โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.27 และ 0.26 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ความเร็วลมเฉลี่ยคอกม้าทุกคอกในโรงเรือนเท่ากับ 0.21 เมตรต่อวินาที เมื่อพิจารณาความเร็วลมที่มีผลต่ออุณหภูมิที่ทำให้ม้ารู้สึกเย็นลงดังภาพที่ 4.20 พบว่าคอกม้าตำแหน่งกลางโรงเรือนมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำและพื้นที่ภายในคอกม้าส่วนใหญ่ไม่เกิดการลดอุณหภูมิเมื่อเปรียบเทียบกับคอกม้าตำแหน่งริมโรงเรือนมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าแต่ยังไม่อยู่ในช่วงที่ทำให้เกิดการลดอุณหภูมิได้

4.3 สรุปผลการเก็บข้อมูล และการจำลองการไหลของอากาศของโรงเรือนกรณีศึกษา

จากการศึกษาโรงเรือนกรณีศึกษาทั้ง 4 โรงเรือน สามารถสรุปลักษณะทางกายภาพของโรงเรือนเมื่อพิจารณาร่วมกับผลการจำลองการไหลของอากาศได้ดังนี้

4.3.1 ลักษณะทางกายภาพของโรงเรือน (Physical)

4.3.1.1 ทิศทางการวางผังอาคาร (Orientation)

โรงเรือนกรณีศึกษาทั้ง 4 โรงเรือนสามารถแบ่งทิศทางการวางผังอาคารได้ 2 ลักษณะคือ การวางด้านยาวของอาคารในทิศเหนือใต้หรือวางอาคารขวางลม และการวางด้านสั้นของอาคารในทิศเหนือใต้หรือตามลม ผลจากการจำลองการไหลของอากาศพบว่า การวางด้านสั้นของโรงเรือนไปทางทิศใต้ ทำให้คอกม้าที่อยู่ไกลจากด้านลมเข้ามีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำมาก การไหลเวียนของอากาศไม่ทั่วถึง การวางด้านยาวของอาคารในทิศเหนือใต้ทำให้บริเวณคอกม้าเกิดการไหลของอากาศได้ทั่วถึงมากกว่า และความเร็วลมเฉลี่ยที่คอกม้าด้านลมออกสามารถทำให้เกิดพื้นที่ที่ลดอุณหภูมิได้

4.3.1.2 องค์ประกอบของโรงเรือน (Element)

รูปแบบการวางผังของโรงเรือนส่วนใหญ่วางผังโดยมีทางเดินบริเวณตรงกลางคอกม้า (Center Aisle) เพื่อให้เกิดความสะดวกสบายต่อการใช้งาน ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดวางผังแบบผสมคือจัดวางผังคอกม้าโดยมีทางเดินตรงกลาง (Center Aisle) และคอกม้าบริเวณตรงกลางวางชิดติดกันติดกัน (Island Stall) ทำให้ภายในโรงเรือนมีความแออัด และมีการไหลของอากาศที่ไม่ทั่วถึง

4.3.1.3 ขนาด (Dimension)

ขนาดคอกม้า ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับประเภทของม้า ประตูคอกม้าหากเป็นบานเปิดจะต้องมีลักษณะการเปิดออกสู่ทางเดินภายในโรงเรือนเท่านั้น ทั้งนี้ทางเดินภายในโรงเรือนควรมีขนาดตาม

Ref. code: 256059160301161QY

มาตรฐาน เพื่อความสะดวกสบายต่อการใช้งาน ความปลอดภัยสำหรับม้าและผู้ที่ทำงานภายในโรงเรือน ขนาดช่องเปิดคอกม้า ความสูงผนังคอกม้า ควรออกแบบตามขนาดมาตรฐานคือ ช่องเปิดขนาดอย่างน้อย 60x60 เซนติเมตร และผนังสูงอย่างน้อย 2.45 เมตร

4.3.1.4 วัสดุ (Material)

พื้น ผนัง หลังคา และวัสดุปูรองนอน ผลของวัสดุกับอุณหภูมิพื้นผิวดังตารางที่ 4.8 สรุปได้ว่า พื้นมีอุณหภูมิพื้นผิวน้อยที่สุดเนื่องจากบริเวณพื้นคอกม้าได้รับอิทธิพลจากรังสีความร้อนน้อยที่สุด โดยพื้นสามารถถ่ายเทความร้อนกับตัวม้าได้โดยวิธีการนำความร้อน (Conduction) ผนังคอนกรีตมีอุณหภูมิพื้นผิวใกล้เคียงกันโดยผนังเมทัลชีทมีอุณหภูมิสูงที่สุด หลังคาที่ไม่มีการใช้ฉนวนทำให้เกิดการสะสมความร้อนมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหลังคาที่มีการติดตั้งฉนวนใยไหมสามารถลดอุณหภูมิที่ผ่านเข้ามายังพื้นผิวหลังคาภายในโรงเรือนได้ ผนังและหลังคาสามารถถ่ายเทความร้อนมายังตัวม้าได้โดยการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) สำหรับประเทศในเขตร้อนชื้น วัสดุคอนกรีตมีความต้านทานหรือกักเก็บความร้อนได้ดี

4.3.2 การวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน (Measurement)

จากตารางเปรียบเทียบ เมื่อเรียงลำดับอุณหภูมิภายในโรงเรือนจากสูงสุดพบว่า โรงเรือนมีอุณหภูมิ 34.2 องศาเซลเซียส 33 องศาเซลเซียส 31.5 องศาเซลเซียส และ31 องศาเซลเซียส ได้แก่โรงเรือนกรณีศึกษาที่3 (สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ) โรงเรือนกรณีศึกษาที่1 (สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ) โรงเรือนกรณีศึกษาที่2 (โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี) และโรงเรือนกรณีศึกษาที่4 (สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ) ตามลำดับ ในขณะเดียวกันเมื่อเรียงลำดับความชื้นสัมพัทธ์จากสูงสุดพบว่า โรงเรือนมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 58.2 56.3 56 และ 52.7 ได้แก่ โรงเรือนกรณีศึกษาที่4 (สโมสรขี่ม้าปิยะชาติ) โรงเรือนกรณีศึกษาที่3 (สโมสรเช็คเมสฮอร์ทคลับ) โรงเรือนกรณีศึกษาที่2 (โรงเรียนสอนขี่ม้า ฟินิกซ์ บาย เคพี) และโรงเรือนกรณีศึกษาที่1 (สโมสรโรดิโอฮอร์ทคลับ) ตามลำดับ จากผลการเปรียบเทียบสามารถอธิบายได้ว่า อุณหภูมิของหลังคาจะสูงเมื่อไม่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนทำให้ความร้อนสามารถแผ่ลงมายังบริเวณคอกม้าได้ หลังคาที่มีการติดตั้งฉนวนและการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมจะช่วยกันความร้อนมายังบริเวณคอกได้ดี

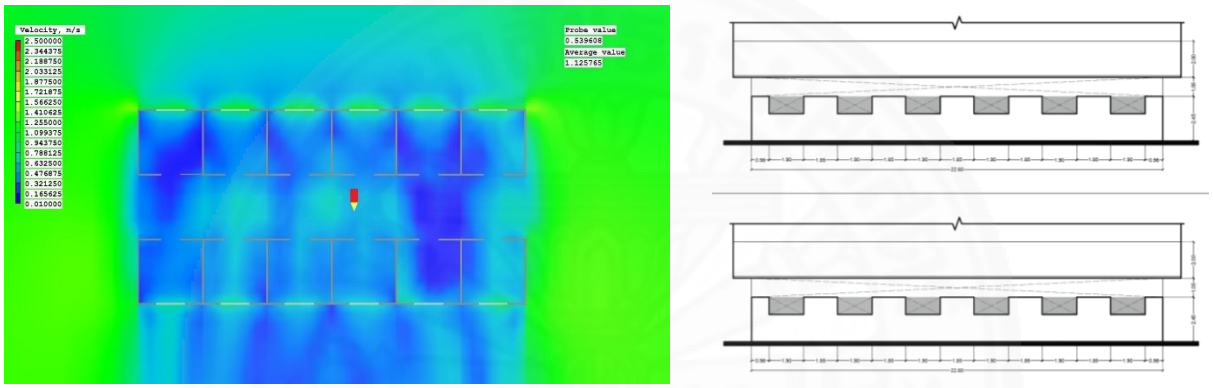
Ref. code: 256059160301161QY

4.4 การจำลองการไหลอากาศของขนาด และตำแหน่งช่องเปิด

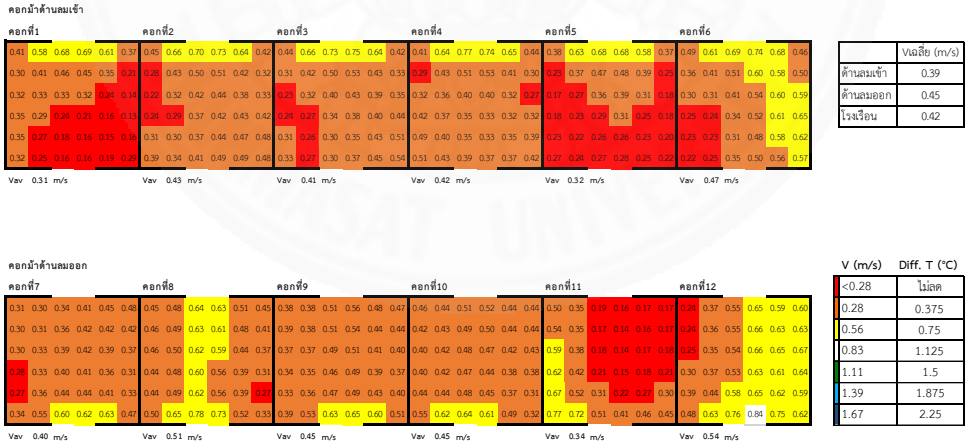
4.4.1 การทดลองผลของขนาดช่องเปิดที่มีผลต่อความเร็วลมภายในคอกม้า

4.4.1.1 การทดลองเมื่อกำหนดผนังคอกม้าสูง 2.45 เมตร ช่องเปิดร้อยละ20 ขนาด 0.95x1.90 เมตร ช่องเปิดร้อยละ50 ขนาด 0.95x3.65 เมตร และช่องว่างระหว่างผนังคอกและระดับฝ้าโรงเรือนเท่ากับ 1.05 เมตร

(1) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20



ภาพที่ 4.21 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20



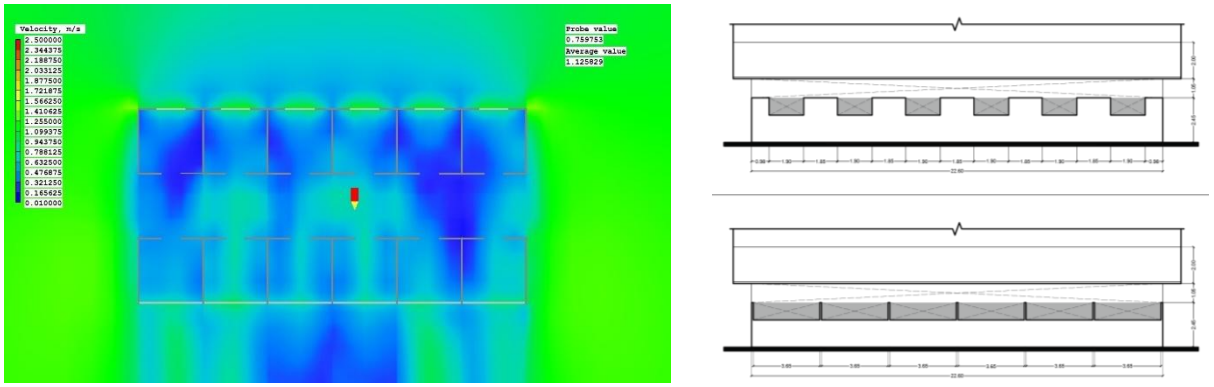
	Vเฉลี่ย (m/s)
ด้านลมเข้า	0.39
ด้านลมออก	0.45
โรงเรือน	0.42

V (m/s)	Diff. T (°C)
<0.28	ไม่ลด
0.28	0.375
0.56	0.75
0.83	1.125
1.11	1.5
1.39	1.875
1.67	2.25

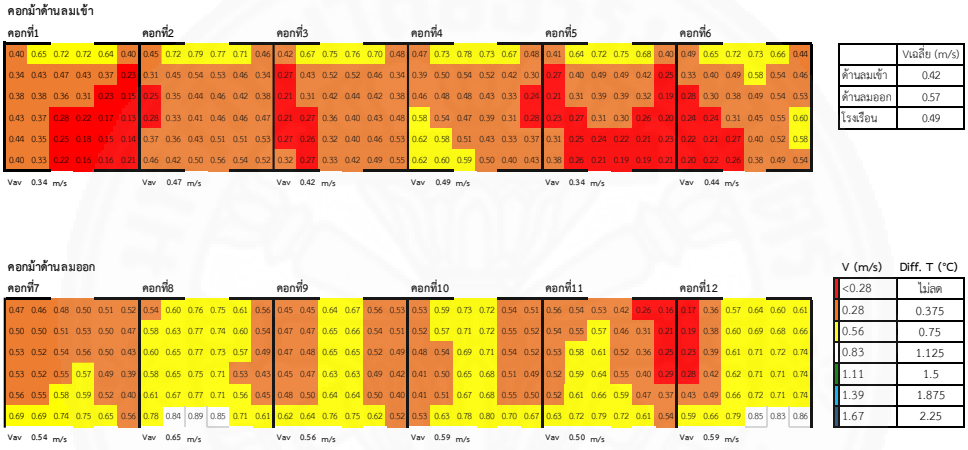
ภาพที่ 4.22 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20

Ref. code: 25605916030116IQY

(2) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:50

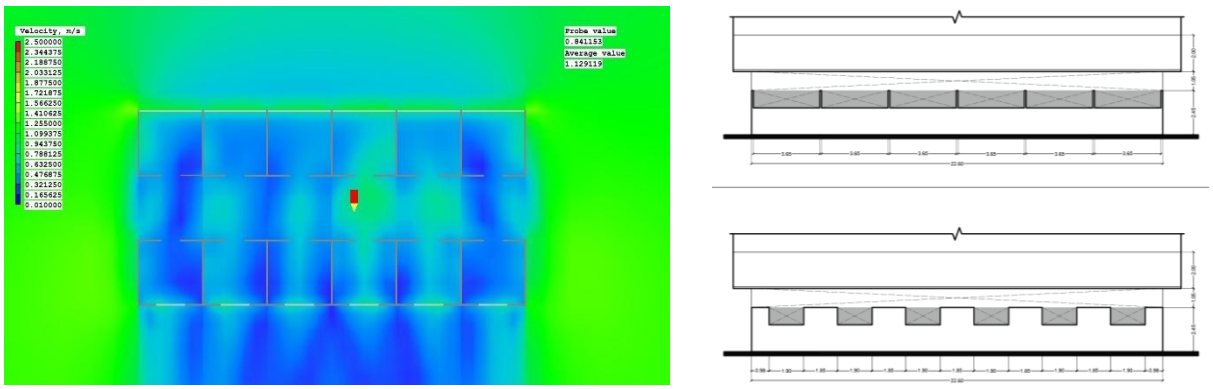


ภาพที่ 4.23 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:50



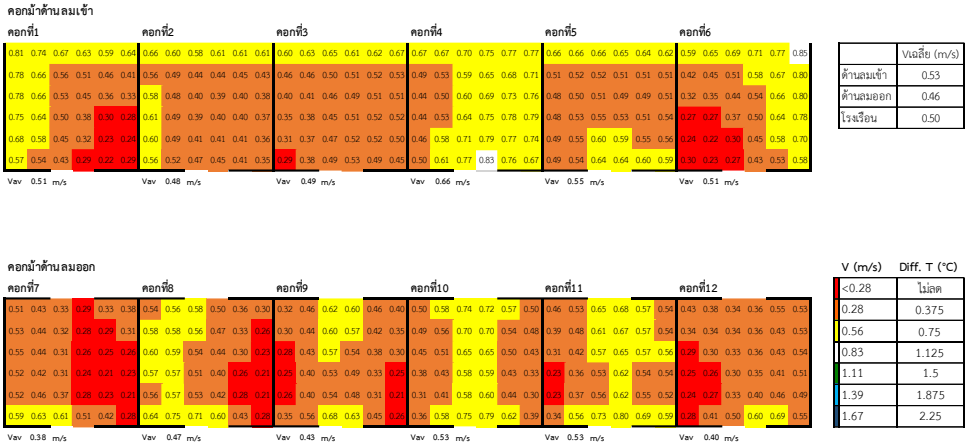
ภาพที่ 4.24 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:50

(3) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:20



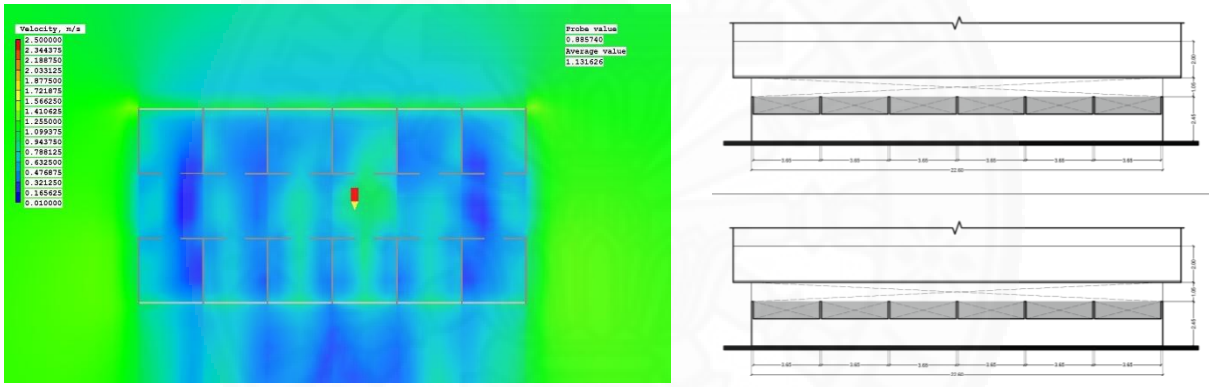
ภาพที่ 4.25 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:20

Ref. code: 25605916030116IQY

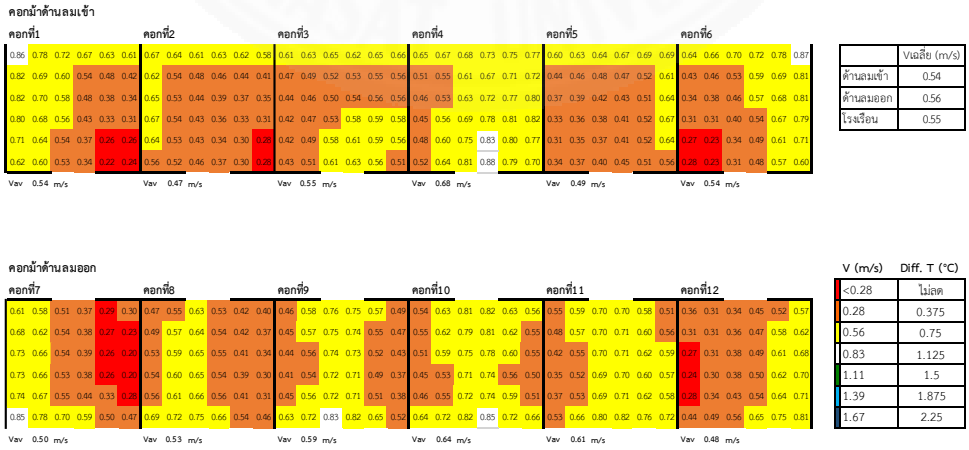


ภาพที่ 4.26 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:20

(4) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:50



ภาพที่ 4.27 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:50



ภาพที่ 4.28 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:50

Ref. code: 25605916030116IQY

จากผลการทดลองการไหลของอากาศเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและคอกม้าด้านลมออกเท่ากับร้อยละ 20:20 20:50 50:20 และ 50:50 ต่อความเร็วลมเฉลี่ย ร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยต่อความเร็วลมตั้งต้น สัมประสิทธิ์ความแปรผัน อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง และร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ โดยพิจารณาตำแหน่งคอกม้าด้านลมเข้า และคอกม้าด้านลมออก สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10

ตารางแสดงผลการทดลองของอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออก ผนังสูง 2.45 เมตร

ขนาดช่องเปิดต่อผนัง (%)	จุดที่พิจารณา	ความเร็วลมเฉลี่ย(m/s)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง (°C)	สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ(%)
20:20	คอกม้าด้านลมเข้า (คอกที่1-6)	0.39	28.46	0.37	0.375	74.07
	คอกม้าด้านลมออก (คอกที่7-12)	0.45	32.49	0.31	0.375	88.89
20:50	คอกม้าด้านลมเข้า (คอกที่1-6)	0.42	30.13	0.37	0.375	75.46
	คอกม้าด้านลมออก (คอกที่7-12)	0.57	41.56	0.23	0.75	95.83
50:20	คอกม้าด้านลมเข้า (คอกที่1-6)	0.53	38.67	0.21	0.375	92.59
	คอกม้าด้านลมออก (คอกที่7-12)	0.46	33.07	0.31	0.375	84.26
50:50	คอกม้าด้านลมเข้า (คอกที่1-6)	0.54	39.49	0.28	0.375	95.37
	คอกม้าด้านลมออก (คอกที่7-12)	0.56	40.52	0.28	0.75	94.91

ที่มา: ผู้วิจัย. 2560

Ref. code: 256059160301161QY

อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 คอกม้าด้านลมเข้ามีความเร็วลมเฉลี่ย 0.39 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 28.46 ของความเร็วลมตั้งต้น คอกม้าด้านลมออกมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.45 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 32.49 ของความเร็วลมตั้งต้น โดยคอกม้าด้านลมเข้าและคอกม้าด้านลมออกมีค่าความเร็วลมสูงบริเวณช่องเปิดและเกิดการวนของลมบริเวณมุมคอกม้าตำแหน่งริมโรงเรือนเนื่องจากลมมีทิศทางไหลออกจากอาคารเมื่อปะทะกับรูปทรงของอาคาร จากตารางที่ 4.10 จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของคอกม้าด้านลมออกมีค่าเท่ากับ 0.31 ซึ่งน้อยกว่าคอกม้าด้านลมเข้าโดยมีค่าเท่ากับ 0.37 เนื่องจากคอกม้าด้านลมออกมีการกระจายตัวของลมมากกว่าเป็นผลให้สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิของคอกม้าด้านลมออกคิดเป็นร้อยละ 88.89 มากกว่าคอกม้าด้านลมเข้าโดยคิดเป็นร้อยละ 74.07

อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:50 คอกม้าด้านลมเข้ามีความเร็วลมเฉลี่ย 0.42 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 30.13 ของความเร็วลมตั้งต้น คอกม้าด้านลมออกมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.57 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 41.56 ของความเร็วลมตั้งต้น โดยคอกม้าด้านลมเข้าและคอกม้าด้านลมออกมีค่าความเร็วลมสูงบริเวณช่องเปิดและเกิดการวนของลมบริเวณมุมคอกม้าตำแหน่งริมโรงเรือนเนื่องจากลมมีทิศทางไหลออกจากอาคารเมื่อปะทะกับรูปทรงของอาคารแต่คอกม้าด้านลมออกจะมีความเร็วลมเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ความเร็วลมสูงกว่าคอกม้าด้านลมเข้า จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของคอกม้าด้านลมออกมีค่าเท่ากับ 0.23 ซึ่งน้อยกว่าคอกม้าด้านลมเข้าโดยมีค่าเท่ากับ 0.37 เนื่องจากคอกม้าด้านลมออกมีการกระจายตัวของลมมากกว่า (ช่องเปิดใหญ่กว่า) เป็นผลให้สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิของคอกม้าด้านลมออกคิดเป็นร้อยละ 95.83 มากกว่าคอกม้าด้านลมเข้าโดยคิดเป็นร้อยละ 75.46

อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:20 คอกม้าด้านลมเข้ามีความเร็วลมเฉลี่ย 0.53 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 38.67 ของความเร็วลมตั้งต้น คอกม้าด้านลมออกมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.46 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 33.07 ของความเร็วลมตั้งต้น โดยคอกม้าด้านลมเข้าและคอกม้าด้านลมออกมีค่าความเร็วลมสูงบริเวณช่องเปิดและเกิดการวนของลมบริเวณมุมคอกม้าตำแหน่งริมโรงเรือนเนื่องจากลมมีทิศทางไหลออกจากอาคารเมื่อปะทะกับรูปทรงของอาคาร แต่คอกม้าด้านลมออกจะมีความเร็วลมเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ความเร็วลมต่ำกว่าคอกม้าด้านลมเข้า จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของคอกม้าด้านลมออกมีค่าเท่ากับ 0.31 ซึ่งมากกว่าคอกม้าด้านลมเข้าโดยมีค่าเท่ากับ 0.21 เนื่องจากคอกม้าด้านลมออกมีการกระจายตัวของลมน้อยกว่า (ช่องเปิดเล็กกว่า) เป็นผลให้สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิของคอกม้าด้านลมออกคิดเป็นร้อยละ 84.26 น้อยกว่าคอกม้าด้านลมเข้าโดยคิดเป็นร้อยละ 92.59

Ref. code: 256059160301161QY

อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:50 คอกม้าด้านลมเข้ามีความเร็วลมเฉลี่ย 0.54 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 39.49 ของความเร็วลมตั้งต้น คอกม้าด้านลมออกมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.56 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 40.52 ของความเร็วลมตั้งต้น โดยคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกมีค่าความเร็วลมสูงเกือบจะทั่วบริเวณคอกม้า แต่ยังเกิดการวนของลมบริเวณมุมคอกม้าตำแหน่งริมโรงเรือนเพียงเล็กน้อย เนื่องจากลมมีทิศทางไหลออกจากอาคารเมื่อปะทะกับรูปทรงของอาคาร คอกม้าด้านลมเข้าและคอกม้าด้านลมออกมีความเร็วลมเฉลี่ยใกล้เคียงกัน จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากันโดยมีค่าเท่ากับ 0.28 เป็นผลให้สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิของคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกใกล้เคียงกันคิดเป็นร้อยละ 95.37 และ 94.91 ตามลำดับ

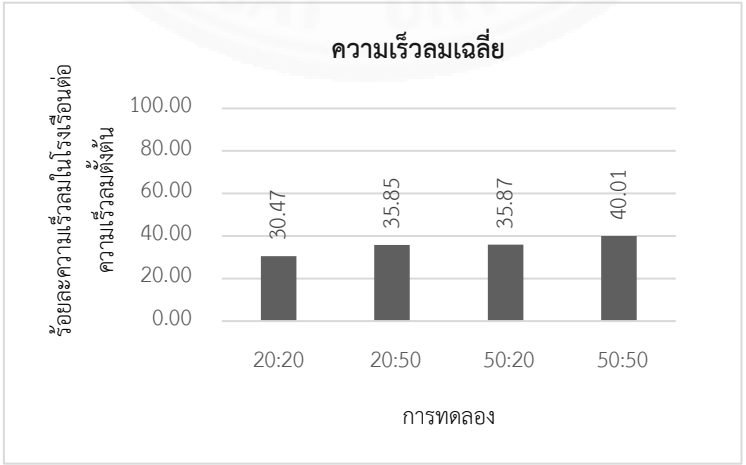
จากผลการทดลองการไหลของอากาศเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับขนาดต่างๆ พิจารณาตำแหน่งคอกม้าทั้งหมดในโรงเรือนได้ดังนี้

ตารางที่ 4.11

ตารางเปรียบเทียบทดลองผลของอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออก ผนังสูง 2.45 เมตร

ขนาดช่องเปิดต่อผนัง(%)	จุดที่พิจารณา	ความเร็วลมเฉลี่ย(m/s)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง (°C)	สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ(%)
20:20	**คอกม้าทั้งหมดในโรงเรือน (คอกที่1-12)**	0.42	30.47	0.34	0.375	81.48
20:50		0.49	35.85	0.29	0.375	85.65
50:20		0.50	35.87	0.28	0.375	87.96
50:50		0.55	40.01	0.27	0.375	95.14

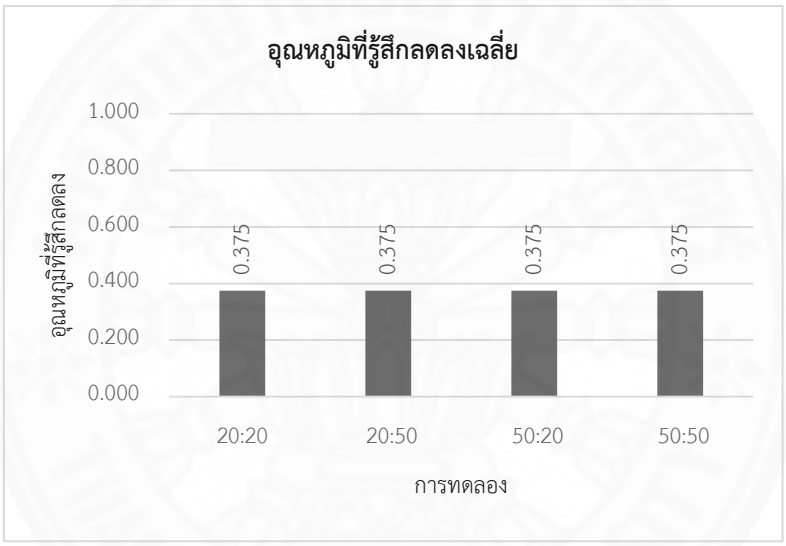
ที่มา: ผู้วิจัย. 2560



ภาพที่ 4.29 ภาพแสดงความเร็วลมเฉลี่ย และร้อยละความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น

Ref. code: 25605916030116IQY

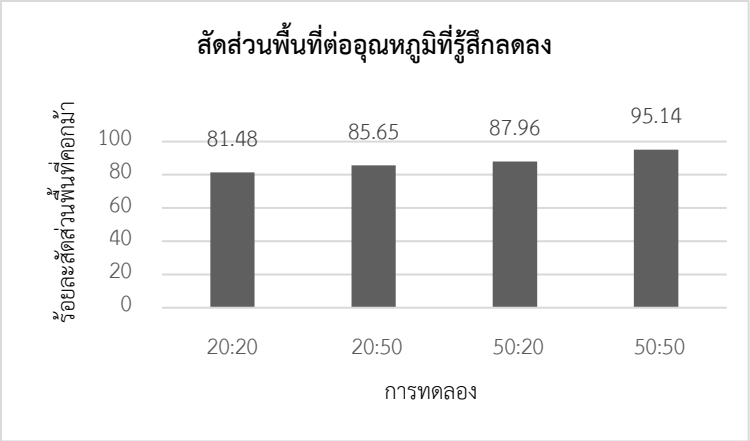
เมื่อพิจารณาความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณคอกม้าในโรงเรือน (คอกที่ 1-12) จากภาพที่ *4.29* พบว่า อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:50 ทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยในโรงเรือนสูงสุด โดยความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้นคิดเป็นร้อยละ 40.01 อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:50 และ 50:20 พบว่ามีความเร็วลมเฉลี่ยภายในโรงเรือนใกล้เคียงกันมาก ความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้นเท่ากับร้อยละ 35.85 และ 35.87 ตามลำดับ (ต่างกันร้อยละ 0.02) และพบว่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 ทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยต่ำที่สุดโดยความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้นเท่ากับร้อยละ 30.47 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคอกม้าด้านลมออกและคอกม้าด้านลมเข้าพบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยคอกม้าด้านลมออกจะสูงกว่าคอกม้าด้านลมเข้าเสมอยกเว้นในกรณีที่อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออกเท่ากับ 50:20



ภาพที่ 4.30 ภาพแสดงอุณหภูมิที่รู้สึกลดลงเฉลี่ย

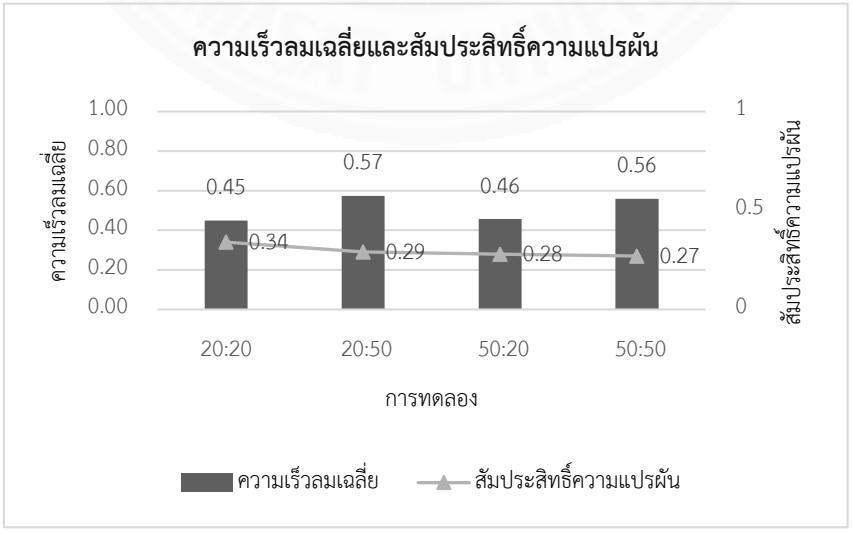
อุณหภูมิที่รู้สึกลดลงจากภาพที่ 4.30 พบว่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกขนาดต่างๆ ส่งผลการลดอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนเท่ากัน คือสามารถลดอุณหภูมิลงได้ 0.375 องศาเซลเซียส แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคอกม้าด้านลมเข้าและคอกม้าด้านลมออกพบว่า อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:50 และ 50:50 ทำให้พื้นที่คอกม้าด้านลมออกสามารถลดอุณหภูมิลงได้ถึง 0.75 องศาเซลเซียส กล่าวคือ ช่องเปิดด้านลมออกขนาดอัตราส่วนร้อยละ50 (ช่องเปิดใหญ่) มีผลต่อการลดอุณหภูมิมากที่สุด

Ref. code: 256059160301161QY



ภาพที่ 4.31 ภาพแสดงร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ

จากภาพที่ 4.31 แสดงร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน พบว่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:50 ทำให้เกิดพื้นที่ลดอุณหภูมิมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 95.14 เมื่อพิจารณาร่วมกับภาพที่ 4.28 จะเห็นว่าคอกม้าด้านลมเข้าและคอกม้าด้านลมออกส่วนใหญ่เกิดพื้นที่ที่ลดอุณหภูมิได้ แต่ยังมีบริเวณมุมคอกม้าที่ไม่เกิดการลดอุณหภูมิเพียงเล็กน้อย การเปิดช่องเปิดด้วยอัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออกเท่ากับ 20:50 และ 50:20 พบว่ามีเกิดพื้นที่ลดอุณหภูมิคิดเป็นร้อยละ 85.65 และ 87.96 ตามลำดับ และอัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออกเท่ากับ 20:20 ทำให้เกิดพื้นที่ลดอุณหภูมิน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 81.84 แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคอกม้าด้านลมออกและคอกม้าด้านลมเข้าพบว่า อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออกเท่ากับ 20:50 ทำให้คอกม้าด้านลมเข้าเกิดพื้นที่ที่ลดอุณหภูมิได้น้อย แต่คอกม้าด้านลมออกจะเกิดพื้นที่ที่ลดอุณหภูมิได้มากที่สุด ในทางกลับกันการเปิดช่องเปิดด้วยอัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออกเท่ากับ 50:20 ทำให้คอกม้าด้านลมเข้าเกิดพื้นที่ที่ลดอุณหภูมิได้มาก (ช่องเปิดใหญ่) แต่คอกม้าด้านลมออกจะเกิดพื้นที่ที่ลดอุณหภูมิได้น้อย (ช่องเปิดเล็ก)



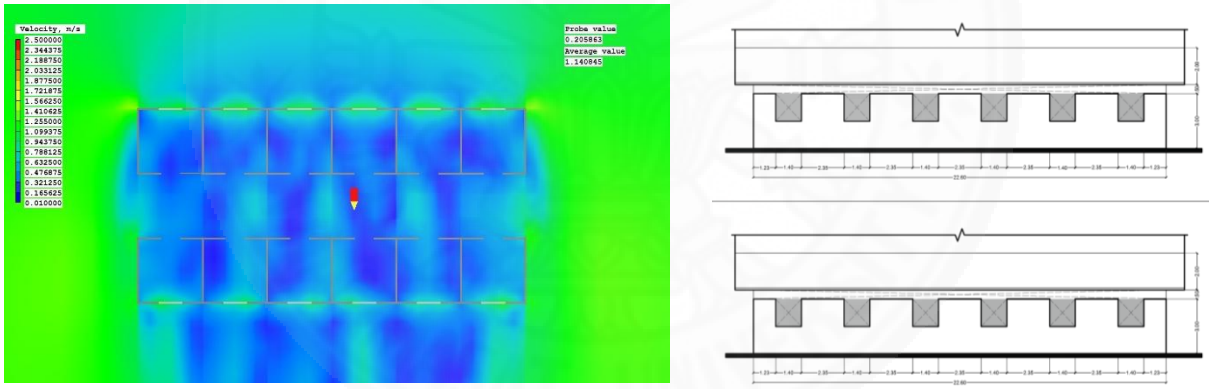
ภาพที่ 4.32 ภาพแสดงความเร็วลมเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน

Ref. code: 256059160301161QY

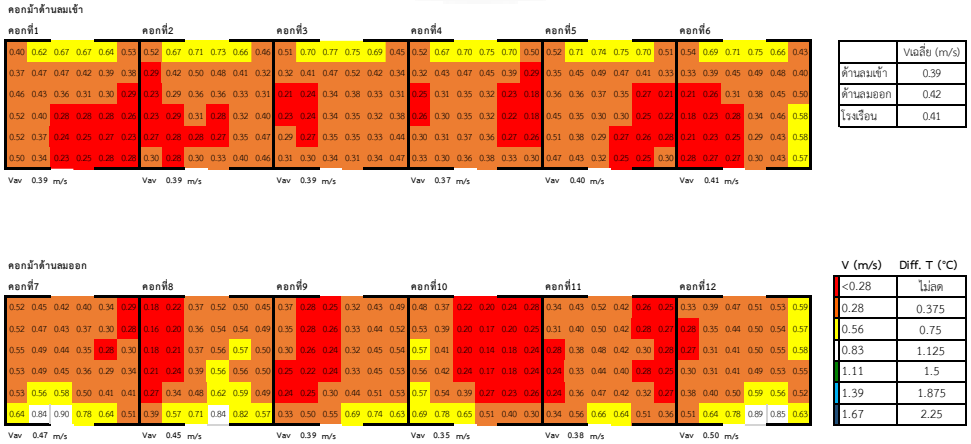
จากกราฟแสดงความเร็วลมเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์ความแปรผันภายในโรงเรือน พบว่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:50 และ 50:50 ทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยสูงที่สุด โดยความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.57 และ 0.56 ตามลำดับ และอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:50 มีสัมประสิทธิ์ความแปรผันต่ำที่สุดกล่าวคือมีการกระจายของอากาศมากที่สุด ทั่วถึงบริเวณคอกม้ามากที่สุด อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:20 มีความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.46 มีค่าสัมประสิทธ์ความแปรผันน้อยกว่ากรณีอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:50 กล่าวคือมีการไหลเวียนของอากาศมากกว่า และอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 ทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยต่ำที่สุด โดยความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.45 และมีสัมประสิทธิ์ความแปรผันสูงที่สุดเนื่องจากมีการกระจายตัวของอากาศน้อยที่สุด

4.4.1.2 การทดลองเมื่อกำหนดผนังคอกม้าสูง 3.00 เมตร ช่องเปิดร้อยละ20 ขนาด 1.50x1.40 เมตร ช่องเปิดร้อยละ50 ขนาด 1.50x3.65 เมตร และช่องว่างระหว่างผนังคอกและระดับฝ้าโรงเรือนเท่ากับ 0.50 เมตร

(1) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20



ภาพที่ 4.33 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20



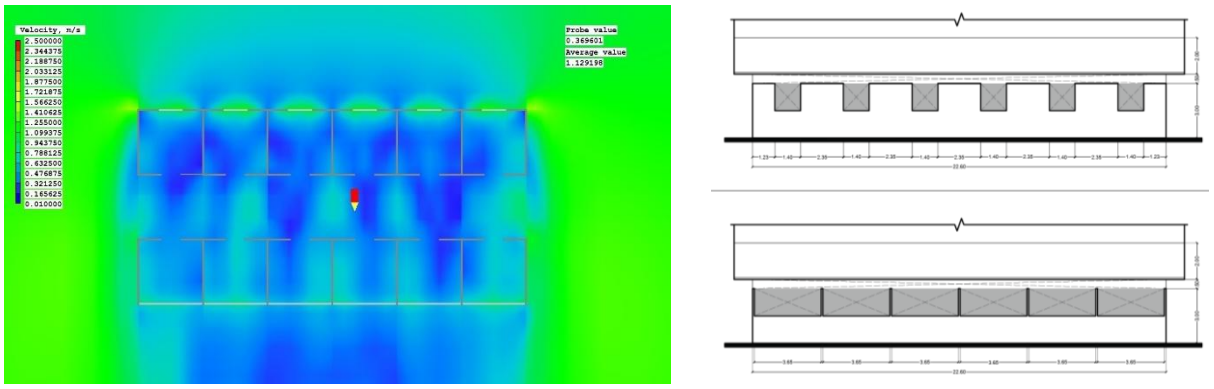
	ฉเฉลี่ย (m/s)
ด้านลมเข้า	0.39
ด้านลมออก	0.42
โรงเรือน	0.41

V (m/s)	Diff. T (°C)
<0.28	ไม่ลด
0.28	0.375
0.56	0.75
0.83	1.125
1.11	1.5
1.39	1.875
1.67	2.25

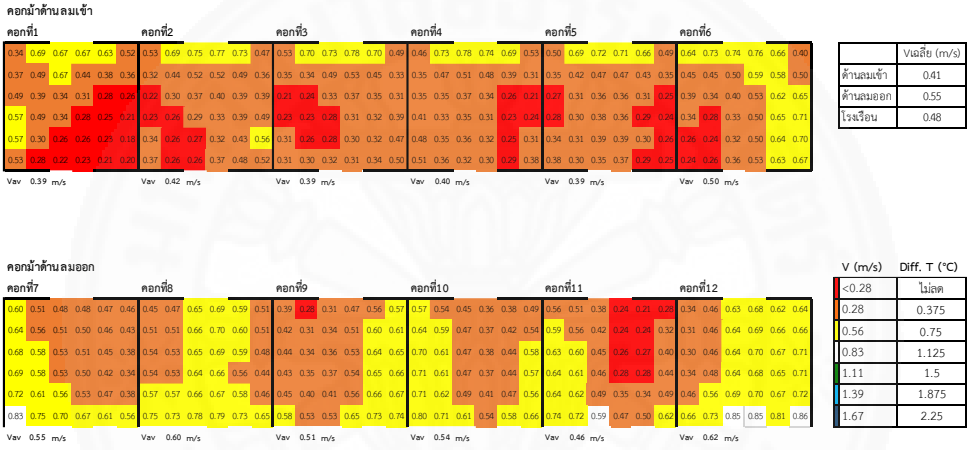
ภาพที่ 4.34 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20

Ref. code: 25605916030116IQY

(2) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:50



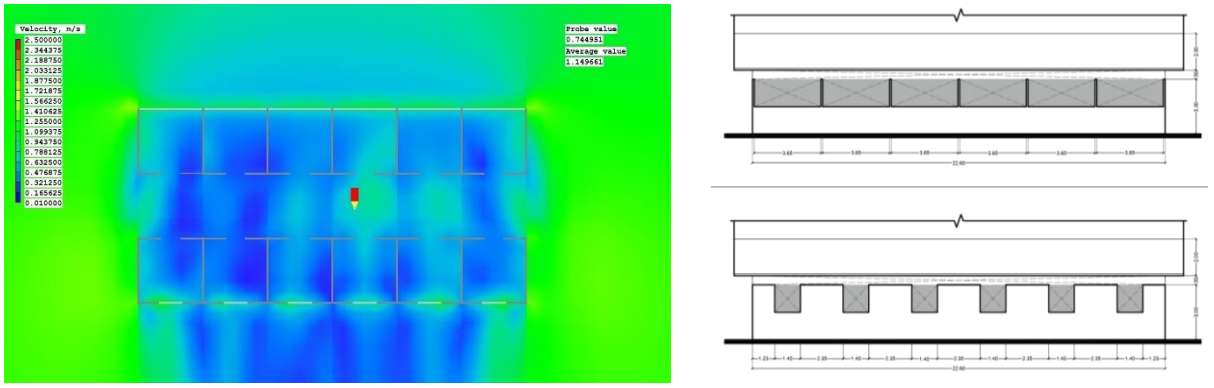
ภาพที่ 4.35 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:50



	Vเฉลี่ย (m/s)
ด้านลมเข้า	0.41
ด้านลมออก	0.55
โรงเรือน	0.48

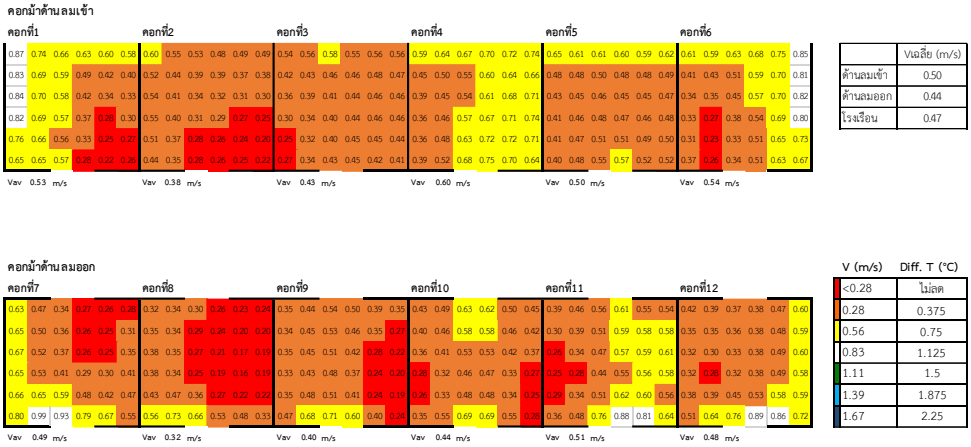
ภาพที่ 4.36 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:50

(3) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:20



ภาพที่ 4.37 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:20

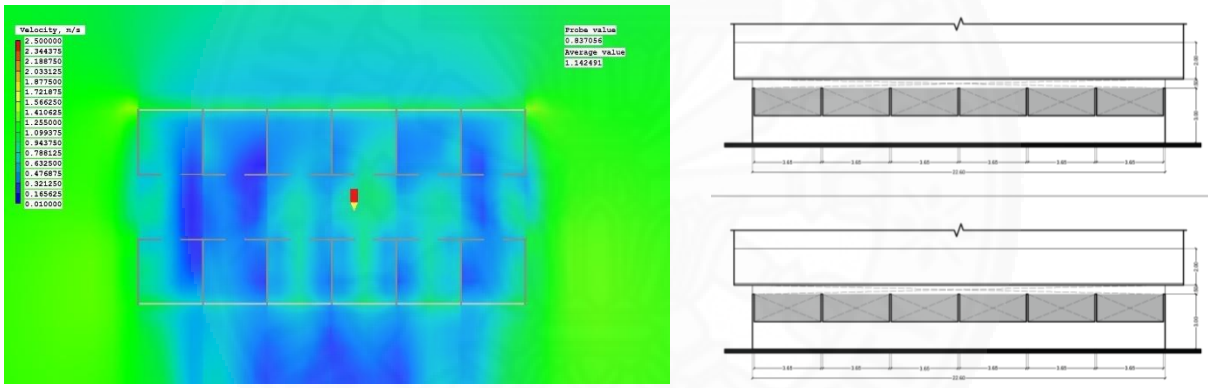
Ref. code: 256059160301161QY



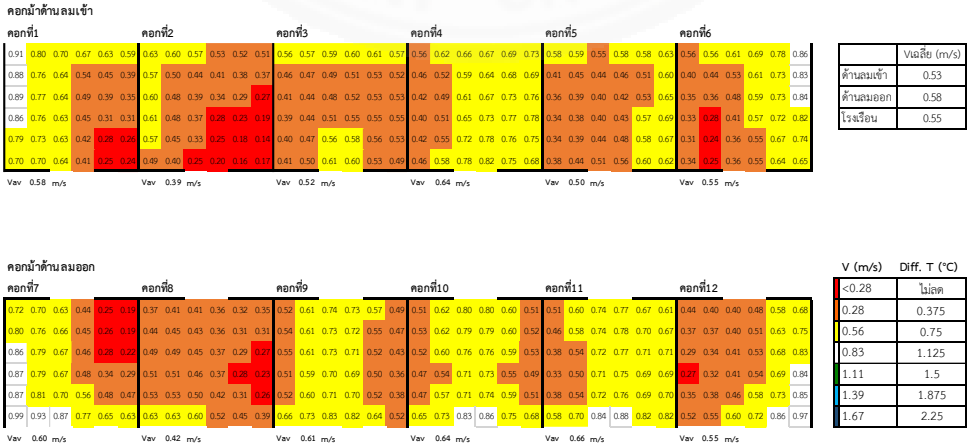
	Vเฉลี่ย (m/s)
ด้านลมเข้า	0.50
ด้านลมออก	0.44
โรงเรือน	0.47

ภาพที่ 4.38 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:20

(4) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:50



ภาพที่ 4.39 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:50



	Vเฉลี่ย (m/s)
ด้านลมเข้า	0.53
ด้านลมออก	0.58
โรงเรือน	0.55

ภาพที่ 4.40 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:50

Ref. code: 25605916030116IQY

จากผลการทดลองการไหลของอากาศเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับขนาดต่างๆต่อ ความเร็วลมเฉลี่ย ร้อยละความเร็วลมเฉลี่ยต่อความเร็วลมตั้งต้น สัมประสิทธิ์ความแปรผัน อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง และร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ โดยพิจารณาตำแหน่งคอกม้าด้านลมเข้าและคอกม้าด้านลมออกดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12

ตารางแสดงผลการทดลองของอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออก ผนังสูง 3.00 เมตร

ที่มา: ผู้วิจัย. 2560

ขนาดช่องเปิดต่อผนัง (%)	จุดที่พิจารณา	ความเร็วลมเฉลี่ย(m/s)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง (°C)	สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ(%)
20:20	คอกม้าด้านลมเข้า (คอกที่1-6)	0.39	28.25	0.36	0.375	73.61
	คอกม้าด้านลมออก (คอกที่7-12)	0.42	30.69	0.38	0.375	74.54
20:50	คอกม้าด้านลมเข้า (คอกที่1-6)	0.41	29.98	0.37	0.375	78.24
	คอกม้าด้านลมออก (คอกที่7-12)	0.55	39.50	0.26	0.375	95.37
50:20	คอกม้าด้านลมเข้า (คอกที่1-6)	0.50	35.99	0.31	0.375	90.28
	คอกม้าด้านลมออก (คอกที่7-12)	0.44	32.00	0.37	0.375	80.09
50:50	คอกม้าด้านลมเข้า (คอกที่1-6)	0.53	38.38	0.31	0.375	91.67
	คอกม้าด้านลมออก (คอกที่7-12)	0.58	41.90	0.30	0.75	94.91

อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 คอกม้าด้านลมเข้ามีความเร็วลมเฉลี่ย 0.39 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 28.25 ของความเร็วลมตั้งต้น คอกม้าด้านลมออกมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.42 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 30.69 ของความเร็วลมตั้งต้น โดยคอกม้าด้านลมเข้าและ

Ref. code: 256059160301161QY

คอกม้าด้านลมออกมีค่าความเร็วลมสูงบริเวณช่องเปิดและเกิดการวนของลมบริเวณมุมคอกม้าตำแหน่งริมโรงเรือนเนื่องจากลมมีทิศทางไหลออกจากอาคารเมื่อปะทะกับรูปทรงของอาคาร จากตารางที่ 4.12 จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของคอกม้าด้านลมเข้ามีค่าเท่ากับ 0.36 ซึ่งน้อยกว่าคอกม้าด้านลมออกโดยมีค่าเท่ากับ 0.38 กล่าวคือคอกม้าด้านลมเข้ามีการกระจายตัวของลมมากกว่าเป็นผลให้สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิของคอกม้าด้านลมเข้าคิดเป็นร้อยละ 73.61 มากกว่าคอกม้าด้านลมออกโดยคิดเป็นร้อยละ 74.54

อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:50 คอกม้าด้านลมเข้ามีความเร็วลมเฉลี่ย 0.41 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 29.98 ของความเร็วลมตั้งต้น คอกม้าด้านลมออกมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.55 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 39.50 ของความเร็วลมตั้งต้น โดยคอกม้าด้านลมเข้าและคอกม้าด้านลมออกมีค่าความเร็วลมสูงบริเวณช่องเปิดและเกิดการวนของลมบริเวณมุมคอกม้าตำแหน่งริมโรงเรือนเนื่องจากลมมีทิศทางไหลออกจากอาคารเมื่อปะทะกับรูปทรงของอาคารแต่คอกม้าด้านลมออกจะมีความเร็วลมสูงกว่าคอกม้าด้านลมเข้า จากตารางที่ 4.12 จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของคอกม้าด้านลมออกมีค่าเท่ากับ 0.26 ซึ่งน้อยกว่าคอกม้าด้านลมเข้าโดยมีค่าเท่ากับ 0.37 เนื่องจากคอกม้าด้านลมออกมีการกระจายตัวของลมมากกว่า (ช่องเปิดใหญ่กว่า) เป็นผลให้สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิของคอกม้าด้านลมออกคิดเป็นร้อยละ 95.37 มากกว่าคอกม้าด้านลมเข้าโดยคิดเป็นร้อยละ 78.24 เช่นกัน

อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:20 คอกม้าด้านลมเข้ามีความเร็วลมเฉลี่ย 0.50 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 39.50 ของความเร็วลมตั้งต้น คอกม้าด้านลมออกมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.44 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 32.00 ของความเร็วลมตั้งต้น โดยคอกม้าด้านลมเข้าและคอกม้าด้านลมออกมีค่าความเร็วลมสูงบริเวณช่องเปิดและเกิดการวนของลมบริเวณมุมคอกม้าตำแหน่งริมโรงเรือนเนื่องจากลมมีทิศทางไหลออกจากอาคารเมื่อปะทะกับรูปทรงของอาคารแต่คอกม้าด้านลมออกจะมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่าคอกม้าด้านลมเข้า จากตารางที่ 4.12 จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของคอกม้าด้านลมออกมีค่าเท่ากับ 0.37 ซึ่งมากกว่าคอกม้าด้านลมเข้าโดยมีค่าเท่ากับ 0.31 เนื่องจากคอกม้าด้านลมออกมีการกระจายตัวของลมน้อยกว่า (ช่องเปิดเล็กกว่า) เป็นผลให้สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิของคอกม้าด้านลมออกคิดเป็นร้อยละ 80.09 น้อยกว่าคอกม้าด้านลมเข้าโดยคิดเป็นร้อยละ 90.28

อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:50 คอกม้าด้านลมเข้ามีความเร็วลมเฉลี่ย 0.53 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 38.38 ของความเร็วลมตั้งต้น คอกม้าด้านลมออกมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.58 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 41.90 ของความเร็วลมตั้งต้น โดยคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกมีค่าความเร็วลมสูงเกือบจะทั่วบริเวณคอกม้า แต่ยังเกิดการวนของลมบริเวณมุมคอกม้าตำแหน่งริมโรงเรือนเพียงเล็กน้อย เนื่องจากลมมีทิศทางไหลออกจากอาคารเมื่อปะทะกับรูปทรงของอาคาร จากตารางที่

Ref. code: 256059160301161QY

4.12 จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของคอกม้าด้านลมออกมีค่าเท่ากับ 0.30 ซึ่งน้อยกว่าคอกม้าด้านลมเข้าโดยมีค่าเท่ากับ 0.31 กล่าวคือคอกม้าด้านลมออกมีการกระจายตัวของลมมากกว่าเป็นผลให้สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิของคอกม้าด้านลมออกคิดเป็นร้อยละ 94.91 มากกว่าคอกม้าด้านลมเข้าโดยคิดเป็นร้อยละ 91.97

จากผลการทดลองการไหลของอากาศเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับขนาดต่างๆ พิจารณาตำแหน่งคอกม้าทั้งหมดในโรงเรือนได้ดังนี้

ตารางที่ 4.13

ตารางเปรียบเทียบทดลองผลของอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกขนาดต่างๆ

ขนาดช่องเปิดต่อผนัง(%)	จุดที่พิจารณา	ความเร็วลมเฉลี่ย(m/s)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง(°C)	สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ(%)
20:20	**คอกม้าทั้งหมดในโรงเรือน (คอกที่1-12)**	0.41	29.47	0.37	0.375	74.07
20:50		0.48	34.74	0.30	0.375	86.81
50:20		0.47	34.00	0.34	0.375	85.91
50:50		0.55	40.14	0.30	0.375	93.29

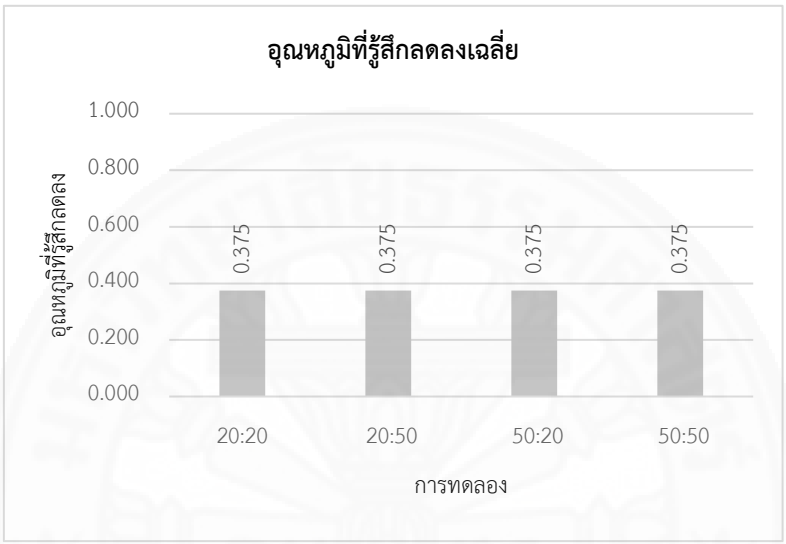
ที่มา: ผู้วิจัย. 2560

ภาพที่ 4.41 ภาพแสดงร้อยละความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น

เมื่อพิจารณาความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณคอกม้าในโรงเรือน (คอกที่ 1-12) จากภาพที่ 4.41 พบว่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:50 ทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยในโรงเรือนสูงสุด โดยความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้นคิดเป็นร้อยละ 40.14 อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนัง

Ref. code: 256059160301161QY

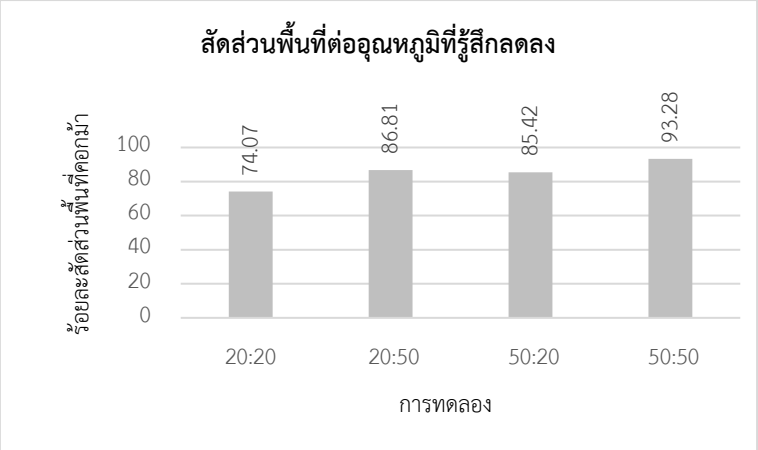
ด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:50 และ 50:20 พบว่ามีความเร็วลมเฉลี่ยภายในโรงเรือนใกล้เคียงกันมาก ความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้นเท่ากับร้อยละ 34.74 และ 34.00 ตามลำดับ (ต่างกันร้อยละ 0.74) และพบว่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 ทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยต่ำที่สุดโดยความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้นเท่ากับร้อยละ 29.47 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคอกม้าด้านลมออกและคอกม้าด้านลมเข้าพบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยคอกม้าด้านลมออกจะสูงกว่าคอกม้าด้านลมเข้าเสมอยกเว้นในกรณีที่อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออกเท่ากับ 20:20 และ 50:20



ภาพที่ 4.42 ภาพแสดงอุณหภูมิที่รู้สึกลดลงเฉลี่ย

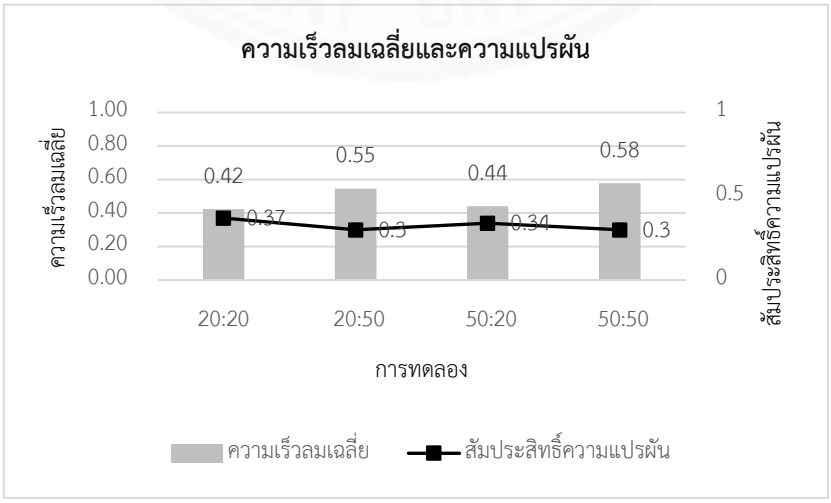
อุณหภูมิที่รู้สึกลดลงจากภาพที่ พบว่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกขนาดต่างๆ ส่งผลการลดอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนเท่ากัน คือสามารถลดอุณหภูมิลงได้ 0.375 องศาเซลเซียส แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคอกม้าด้านลมเข้าและคอกม้าด้านลมออกพบว่า อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:50 ทำให้พื้นที่คอกม้าด้านลมออกสามารถลดอุณหภูมิลงได้ถึง 0.75 องศาเซลเซียส กล่าวคือ ช่องเปิดด้านลมออกขนาดอัตราส่วนร้อยละ50 (ช่องเปิดใหญ่) มีผลต่อการลดอุณหภูมิมากที่สุด

Ref. code: 256059160301161QY



ภาพที่ 4.43 ภาพแสดงร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ

จากกราฟแสดงร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน พบว่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:50 ทำให้เกิดพื้นที่ลดอุณหภูมิมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 93.28 เมื่อพิจารณาร่วมกับภาพที่ 4.40 จะเห็นว่าคอกม้าด้านลมเข้าและคอกม้าด้านลมออกส่วนใหญ่เกิดพื้นที่ที่ลดอุณหภูมิได้ แต่ยังมีบริเวณมุมคอกม้าที่ไม่เกิดการลดอุณหภูมิเพียงเล็กน้อย การเปิดช่องเปิดด้วยอัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออกเท่ากับ 20:50 และ 50:20 พบว่ามีเกิดพื้นที่ลดอุณหภูมิคิดเป็นร้อยละ 86.81 และ 85.42 ตามลำดับ และอัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออกเท่ากับ 20:20 ทำให้เกิดพื้นที่ลดอุณหภูมิน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 74.07 แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคอกม้าด้านลมออกและคอกม้าด้านลมเข้าพบว่า อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออกเท่ากับ 20:50 ทำให้คอกม้าด้านลมเข้าเกิดพื้นที่ที่ลดอุณหภูมิได้น้อย แต่คอกม้าด้านลมออกจะเกิดพื้นที่ที่ลดอุณหภูมิได้มาก (ช่องเปิดใหญ่) ในทางกลับกันการเปิดช่องเปิดด้วยอัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออกเท่ากับ 50:20 ทำให้คอกม้าด้านลมเข้าเกิดพื้นที่ที่ลดอุณหภูมิได้มาก (ช่องเปิดใหญ่) แต่คอกม้าด้านลมออกจะเกิดพื้นที่ที่ลดอุณหภูมิได้น้อย (ช่องเปิดเล็ก)



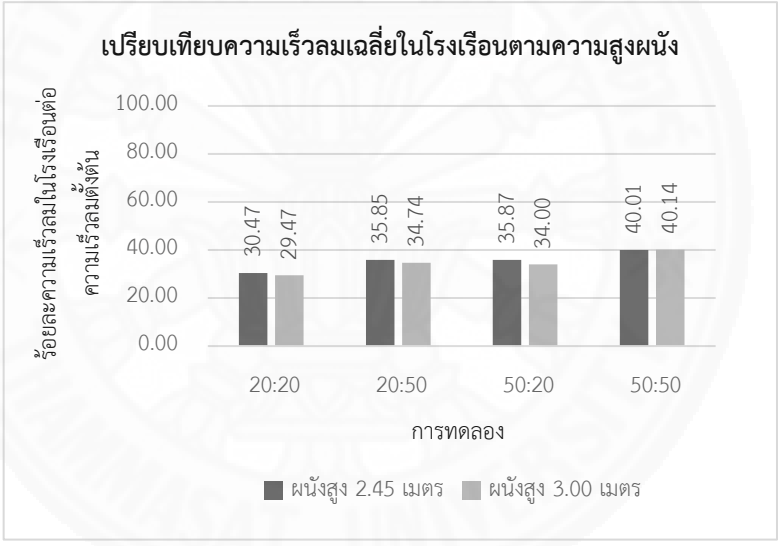
ภาพที่ 4.44 ภาพแสดงความเร็วลมเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน

Ref. code: 256059160301161QY

จากกราฟแสดงความเร็วลมเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์ความแปรผันภายในโรงเรือน พบว่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:50 ทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยสูงที่สุด โดยความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.58 และมีสัมประสิทธิ์ความแปรผันเท่ากับ 0.30 อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:50 ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.55 และมีสัมประสิทธิ์ความแปรผันเท่ากับ 0.30 เท่ากัน กล่าวคือมีการกระจายของอากาศมากที่สุด ทั่วถึงบริเวณคอกม้ามากที่สุด อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:20 มีความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.44 และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันเท่ากับ 0.34 ทั้งนี้เมื่ออัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 ทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยต่ำที่สุด โดยความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.42 และมีสัมประสิทธิ์ความแปรผันสูงที่สุดเนื่องจากมีการกระจายตัวของอากาศน้อยที่สุด

4.4.1.3 เปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อความสูงผนังต่างกัน

(1) ความเร็วลมเฉลี่ย

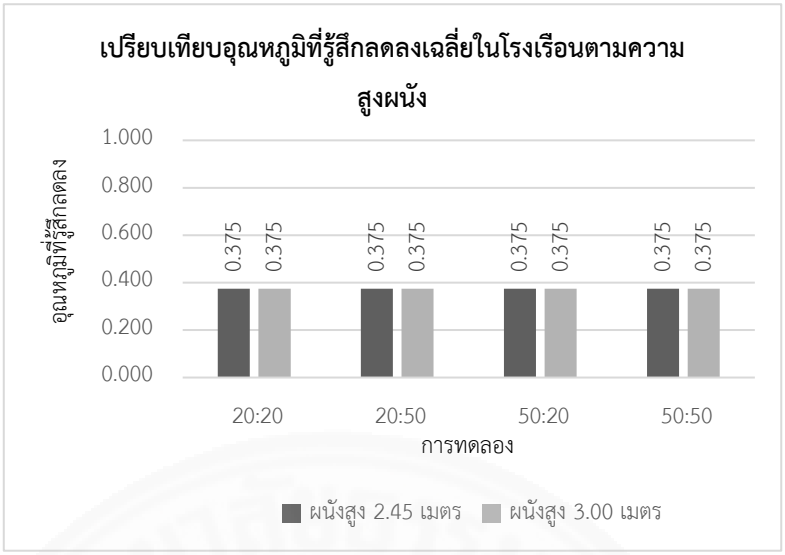


ภาพที่ 4.45 ภาพเปรียบเทียบร้อยละความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้นเมื่อผนังสูง 2.45 เมตร และ 3 เมตร

จากภาพที่ 4.45 เปรียบเทียบผลร้อยละความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้นเมื่อผนังสูง 2.45 เมตร และ 3 เมตร พบว่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:50 เมื่อผนังสูง 3 เมตร ทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยในโรงเรือนสูงสุด โดยความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้นคิดเป็นร้อยละ 40.14 และอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 เมื่อผนังสูง 3 เมตร ทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยต่ำที่สุด โดยความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้นคิดเป็นร้อยละ 29.47

Ref. code: 256059160301161QY

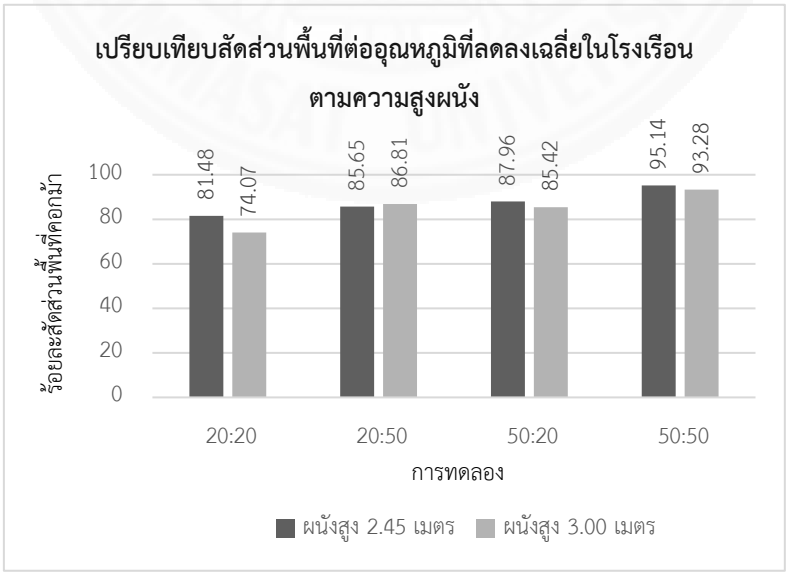
(2) อุณหภูมิที่รู้สึกลดลงเฉลี่ย



ภาพที่ 4.46 ภาพเปรียบเทียบอุณหภูมิที่รู้สึกลดลงเฉลี่ยเมื่อผนังสูง 2.45 เมตร และ 3 เมตร

จากภาพที่ 4.46 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่รู้สึกลดลงเฉลี่ยเมื่อผนังสูง 2.45 เมตร และ 3 เมตร พบว่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกขนาดต่างๆสามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยได้เท่ากันคือ ลดได้ 0.375 องศาเซลเซียส

(3) ร้อยละสัดส่วนพื้นที่ต่ออุณหภูมิที่รู้สึกลดลง

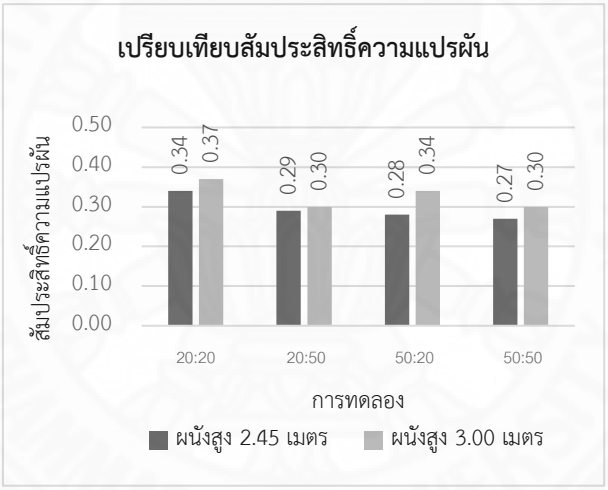


ภาพที่ 4.47 ภาพเปรียบเทียบร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิเมื่อผนังสูง 2.45 เมตร และ 3 เมตร

Ref. code: 256059160301161QY

จากภาพที่ 4.47 เปรียบเทียบร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิเมื่อผนังสูง 2.45 เมตร 3 เมตร พบว่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:50 เมื่อผนังสูง 2.45 เมตร ทำให้เกิดสัดส่วนพื้นที่ที่เกิดการลดอุณหภูมิมากที่สุดโดยคิดเป็นร้อยละ 95.14 รองลงมาคืออัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:50 เมื่อผนังสูง 3.00 เมตร อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:50 เมื่อผนังสูง 2.45 เมตร และ 3 เมตร มีสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิใกล้เคียงกัน เมื่อผนังสูง 2.45 เมตร จะทำให้เกิดสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิน้อยกว่าร้อยละ 1.16 ในขณะที่อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:20 เมื่อผนังสูง 2.45 เมตร และ 3 เมตร มีสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิใกล้เคียงกันเช่นกัน แต่เมื่อผนังสูง 2.45 เมตร จะทำให้เกิดสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิมากกว่าร้อยละ 2.54 และอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 เมื่อผนังสูง 3.00 เมตร ทำให้เกิดสัดส่วนพื้นที่ที่เกิดการลดอุณหภูมิน้อยที่สุดโดยคิดเป็นร้อยละ 74.07

(4) ความเร็วลมเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน



ภาพที่ 4.48 ภาพเปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ความแปรผันเมื่อผนังสูง 2.45 เมตร และ 3 เมตร

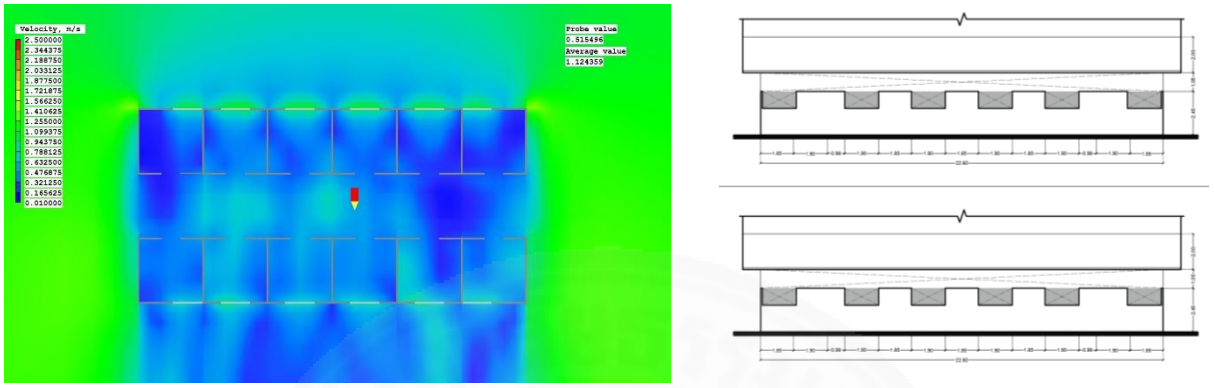
จากภาพที่ 4.48 เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์ความแปรผันพบว่า แม้ว่าความเร็วลมเฉลี่ยของอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:50 เมื่อผนังสูง 3.00 เมตรจะสูงกว่า อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:50 จะมีสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิมากกว่าเมื่อผนัง 2.45 เมตร แต่เมื่อผนังสูง 2.45 อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกขนาดต่างๆทำให้เกิดสัมประสิทธิ์ความแปรผันต่ำกว่าเมื่อผนังสูง 3.00 เมตร ทุกกรณี กล่าวคือ ผนังสูง 2.45 เมตร จะเกิดการกระจายตัวของลมมากกว่า เกิดการไหลของอากาศที่ทั่วถึง และดีที่สุดเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:50

Ref. code: 256059160301161QY

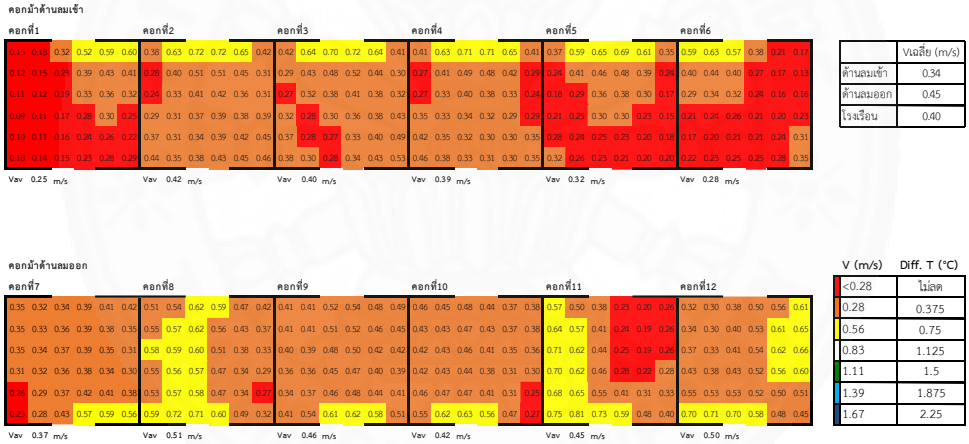
4.4.2 การทดลองผลของตำแหน่งช่องเปิดที่มีผลต่อความเร็วลมภายในคอกม้า

4.4.2.1 การทดลองเมื่อกำหนดผนังคอกม้าสูง 2.45 เมตร

(1) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 ปรับตำแหน่งผนังคอกริม



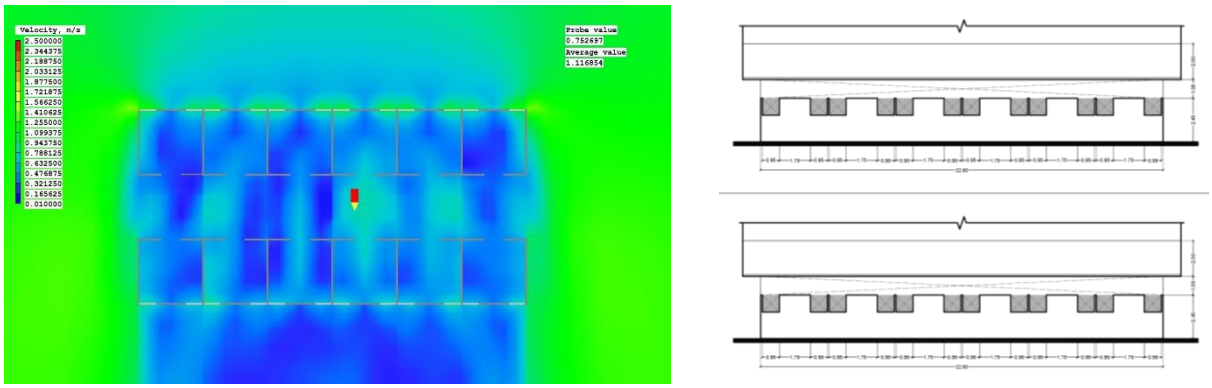
ภาพที่ 4.49 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 ปรับตำแหน่งผนังคอกริม



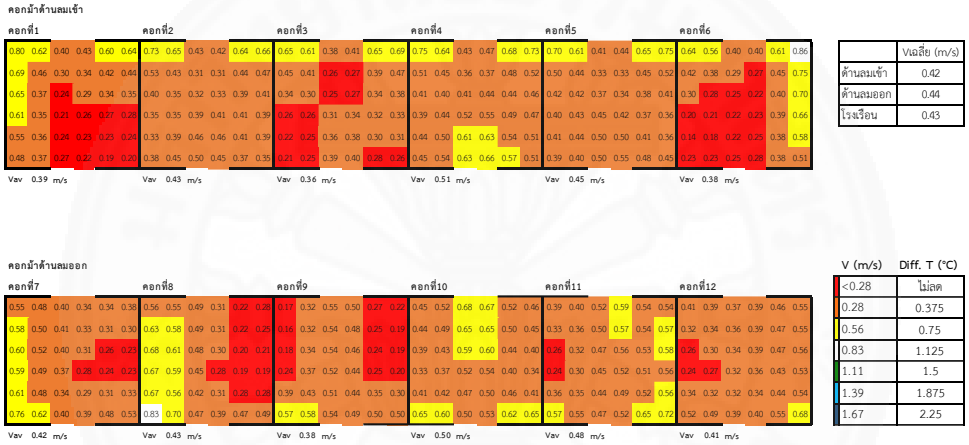
ภาพที่ 4.50 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 ปรับตำแหน่งผนังคอกริม

Ref. code: 25605916030116IQY

(2) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 แบ่งช่องเปิด 2 ช่อง



ภาพที่ 4.51 การจำลองความเร็วลมภายในโรงเรือนเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 แบ่งช่องเปิด 2 ช่อง



ภาพที่ 4.52 อุณหภูมิในคอกม้าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 แบ่งช่องเปิด 2 ช่อง

ตารางที่ 4.14

ตารางแสดงผลการทดลองของตำแหน่งช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออก

ขนาดช่องเปิดต่อผนัง(%)	จุดที่พิจารณา	ความเร็วลมเฉลี่ย(m/s)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง(°C)	สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ(%)
20:20 ปรับตำแหน่งคอกริม	**คอกม้าด้านลมเข้า (คอกที่1-6)**	0.34	24.64	0.71	0.375	62.50
	คอกม้าด้านลมออก (คอกที่7-12)	0.45	32.61	0.37	0.375	92.59
20:20 แบ่งช่องเปิด 2 ช่อง	**คอกม้าด้านลมเข้า (คอกที่1-6)**	0.42	30.43	0.44	0.375	81.02
	คอกม้าด้านลมออก (คอกที่7-12)	0.44	31.88	0.42	0.375	84.72

ที่มา: ผู้วิจัย. 2560

Ref. code: 25605916030116IQY

อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 ปรับตำแหน่งคอกม้าคอกริม คอกม้าด้านลมเข้ามีความเร็วลมเฉลี่ย 0.34 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 24.64 ของความเร็วลมตั้งต้น คอกม้าด้านลมออกมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.45 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 32.61 ของความเร็วลมตั้งต้น โดยคอกม้าด้านลมเข้าและคอกม้าด้านลมออกมีค่าความเร็วลมสูงบริเวณช่องเปิดและเมื่อปรับตำแหน่งช่องเปิดคอกริมแล้วยังคงเกิดการวนของลมบริเวณมุมคอกม้าตำแหน่งริมโรงเรือนเนื่องจากลมมีทิศทางไหลออกจากอาคารเมื่อปะทะกับรูปทรงของอาคาร จากตารางที่ 4.14 จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของคอกม้าด้านลมเข้ามีค่าเท่ากับ 0.71 ซึ่งมากกว่าคอกม้าด้านลมออกโดยมีค่าเท่ากับ 0.37 กล่าวคือคอกม้าด้านลมเข้ามีการกระจายตัวของลมน้อยกว่ามากเป็นผลให้สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิของคอกม้าด้านลมเข้าคิดเป็นร้อยละ 62.50 น้อยกว่าคอกม้าด้านลมออกโดยคิดเป็นร้อยละ 92.59

อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 แบ่งช่องเปิด 2 ช่อง คอกม้าด้านลมเข้ามีความเร็วลมเฉลี่ย 0.42 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 30.43 ของความเร็วลมตั้งต้น คอกม้าด้านลมออกมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.44 เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 31.88 ของความเร็วลมตั้งต้น โดยคอกม้าด้านลมเข้าและคอกม้าด้านลมออกมีค่าความเร็วลมสูงบริเวณช่องเปิดและเมื่อแบ่งช่องเปิด 2 ช่อง (ช่องเปิดขนาดเล็กลง) ลมไหลเข้ามาไม่ทั่วถึง เกิดการวนของลมบริเวณมุมคอกม้าตำแหน่งริมโรงเรือนเนื่องจากลมมีทิศทางไหลออกจากอาคารเมื่อปะทะกับรูปทรงของอาคาร จากตารางที่ 4.14 จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของคอกม้าด้านลมเข้ามีค่าเท่ากับ 0.44 ซึ่งมากกว่าคอกม้าด้านลมออกโดยมีค่าเท่ากับ 0.42 กล่าวคือคอกม้าด้านลมเข้ามีการกระจายตัวของลมน้อยกว่ามากเป็นผลให้สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิของคอกม้าด้านลมเข้าคิดเป็นร้อยละ 81.02 น้อยกว่าคอกม้าด้านลมออกโดยคิดเป็นร้อยละ 84.72

จากผลการทดลองการไหลของอากาศเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับตำแหน่งต่างๆ พิจารณาตำแหน่งคอกม้าทั้งหมดในโรงเรือนได้ดังนี้

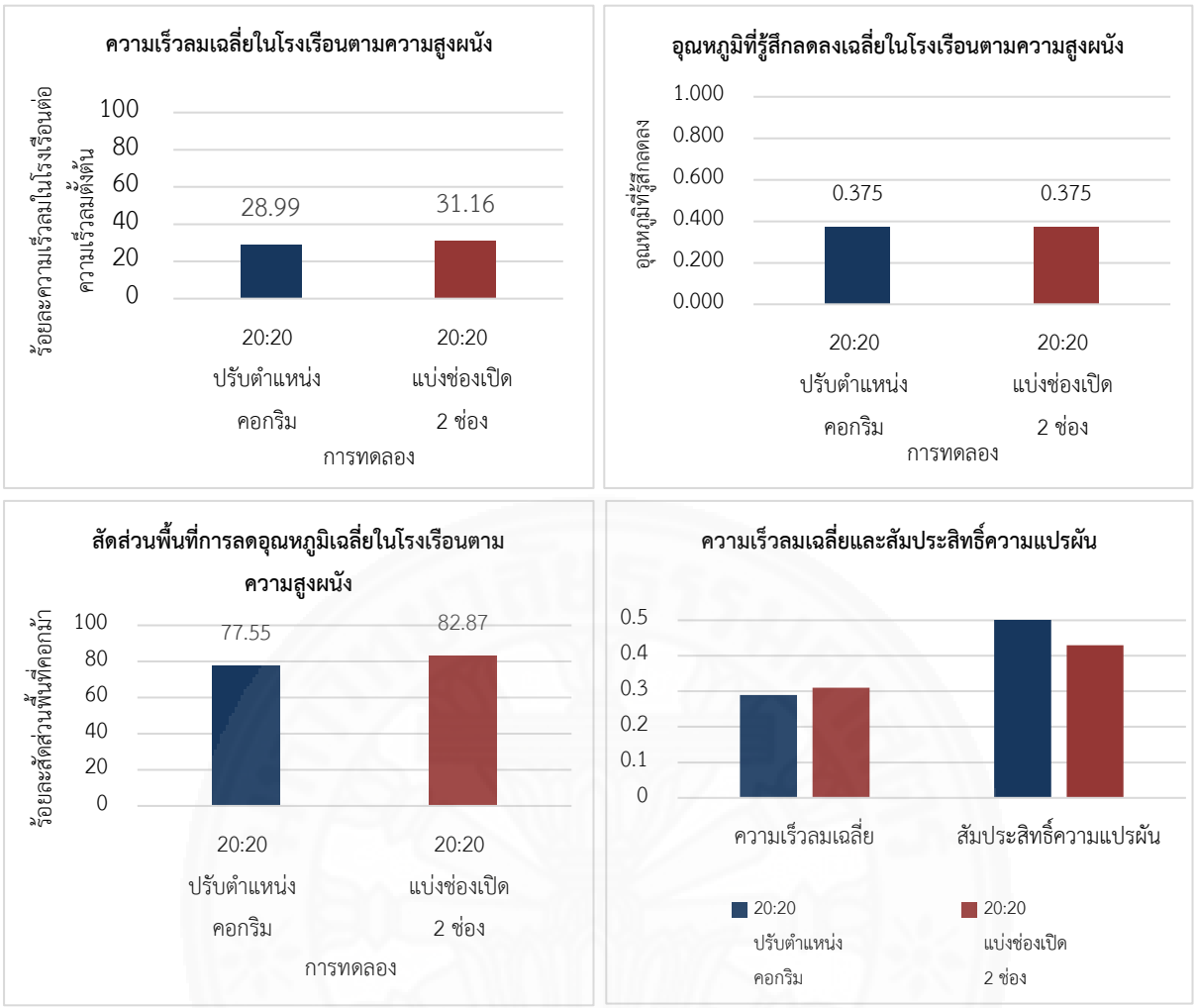
ตารางที่ 4.15

ตารางเปรียบเทียบทดลองผลของตำแหน่งช่องเปิดต่อผนังด้านลมเข้าและด้านลมออก

ขนาดช่องเปิดต่อผนัง(%)	จุดที่พิจารณา	ความเร็วลมเฉลี่ย(m/s)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง(°C)	สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ(%)
20:20 ปรับตำแหน่งคอกริม	**คอกม้าทั้งหมดในโรงเรือน (คอกที่1-12)**	0.40	28.99	0.52	0.375	77.55
20:20 แบ่งช่องเปิด 2 ช่อง		0.43	31.16	0.43	0.375	82.87

ที่มา: ผู้วิจัย. 2560

Ref. code: 25605916030116IQY



ภาพที่ 4.53 ผลการทดลองเปรียบเทียบเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 ปรับตำแหน่งคอกม้าคอกริม และแบ่งช่องเปิด 2 ช่อง

จากผลการทดลองเปรียบเทียบการไหลของอากาศเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 ผนังสูง 2.45 เมตร ปรับตำแหน่งคอกม้าคอกริม และแบ่งช่องเปิด 2 ช่อง สามารถสรุปได้ว่า การแบ่งช่องเปิด 2 ช่องทำให้เกิด ความเร็วลมเฉลี่ย สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ และการกระจายตัวของลมดีกว่าการปรับตำแหน่งคอกม้าคอกริมเนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่าง ทิศทางการวางผังโรงเรือนกับทิศทางลม และเมื่อเปรียบเทียบกับเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 พบว่าอัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 ให้ประสิทธิภาพการไหลของอากาศมากกว่า การปรับตำแหน่งของช่องเปิดที่ผนังคอกม้าทั้ง 2 กรณี

Ref. code: 256059160301161QY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่องการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าเพื่อความสบายเชิงอุณหภาพเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าในเขตภูมิอากาศต่าง ๆ โดยพิจารณา ความเร็วลมเฉลี่ย ร้อยละความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง ร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน โดยการจำลองการไหลของอากาศด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล และการคำนวณสมการ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. ศึกษาผลของขนาด และตำแหน่งช่องเปิดบริเวณผนังคอกม้าที่มีผลต่อความเร็วลมและอุณหภูมิภายในคอกม้า

2. ศึกษาการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าเพื่อความสบายเชิงอุณหภาพในเขตภูมิอากาศต่าง ๆ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ศึกษาผลของขนาด และตำแหน่งช่องเปิดบริเวณผนังคอกม้าที่มีผลต่อความเร็วลมและอุณหภูมิภายในคอกม้า

5.1.1.1 สรุปผลการศึกษาโรงเรือนเลี้ยงม้ากรณีศึกษา

การศึกษาโรงเรือนเลี้ยงม้ากรณีศึกษา แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกคือศึกษาลักษณะทางกายภาพของโรงเรือน ได้แก่ศึกษาทิศทางการวางผังอาคาร องค์ประกอบของโรงเรือน ขนาดโรงเรือน และวัสดุโรงเรือน ส่วนที่สองคือการวัดอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือน และส่วนที่สามคือการจำลองการไหลของอากาศของโรงเรือนที่เป็นตัวแทนในการวางทิศทางอาคารที่แตกต่างกัน ได้ผลสรุปการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าดังนี้

ทิศทางการวางผังอาคาร ควรหันด้านยาวของอาคารในทิศเหนือใต้ เพื่อให้พื้นที่บริเวณคอกม้าแต่ละคอกรับลมได้อย่างทั่วถึง และเป็นการลดความร้อนจากแสงแดดในช่วงบ่าย องค์ประกอบโรงเรือน ได้แก่ รูปแบบการวางผังโรงเรือนโดยมีทางเดินบริเวณกลางโรงเรือน (Center Aisle) สะดวกต่อการใช้งานและมีการไหลของอากาศดีกว่าแบบผสมโดยมีทั้งทางเดินตรงกลาง และส่วนคอกม้าที่มีลักษณะวางชิดติดกัน (Center Aisle และ Island Stall) ขนาดคอกที่เหมาะกับประเภทของม้าโดยแบ่งเป็นม้าขนาดใหญ่ (Horse) และม้าขนาดเล็ก (Pony) เท่ากับ 3.05x3.05 เมตร และ 3.65x3.65 เมตร ตามลำดับ ผนังคอกม้าควรมีความสูงอย่างน้อย 2.45 เมตร โดยส่วนทึบควรสูงจากพื้น 1.5 เมตร เพื่อความปลอดภัยของม้าและป้องกันอุบัติเหตุจากการเตะ กัด บริเวณผนังคอกม้า ประตูคอกม้าควรใช้ประตูขนาด 1.20 เมตร กรณีประตูบานเปิดจะต้อง

Ref. code: 256059160301161QY

เปิดออกสู่บริเวณทางเดินภายในโรงเรือนโดยขนาดทางเดินในโรงเรือนควรมีความกว้างไม่น้อยกว่า 3.65 เมตร และขนาดช่องเปิดบริเวณผนังคอกม้าควรมีอย่างน้อย 60x60 เซนติเมตร วัสดุโรงเรือนที่พบในปัจจุบันใช้ผนังคอนกรีต และหลังคากระเบื้องคอนกรีต และหลังคาเมทัลชีทมากที่สุด จะเห็นได้จากการวัดอุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือน อุณหภูมิพื้นผิววัสดุหลังค่ามีอุณหภูมิสูงที่สุด หลังคากระเบื้องคอนกรีตควรเสริมฉนวนกันความร้อนจะช่วยลดปริมาณรังสีความร้อนที่แผ่ลงมายังบริเวณคอกม้าได้ โดยหลังคาที่ไม่มีการติดตั้งฉนวนส่งผลทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงที่สุด ส่วนหลังคาที่มีการติดตั้งฉนวนใยไหมหรือฉนวนเซลลูโลสทำให้อุณหภูมิอากาศในโรงเรือนต่ำที่สุด และหลังคาเมทัลชีทจะนำความร้อนเข้ามาในได้รวดเร็ว ซึ่งโดยส่วนใหญ่อุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก การใช้ผนังคอนกรีตสามารถช่วยต้านทานความร้อน และกักเก็บความร้อนได้ดี

5.1.1.2 สรุปผลการทดลองขนาดช่องเปิดโรงเรือน

จากการจำลองโรงเรือนตัวอย่าง ได้ทำการทดลองขนาดช่องเปิดของคอกม้าด้านลมเข้า และคอกม้าด้านลมออกโดยกำหนดอัตราส่วนของช่องเปิดขนาดร้อยละ20 และ ร้อยละ50 ต่อพื้นที่ผนังคอกม้า แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด

(1) ผนังคอกม้าสูง 2.45 เมตร

ช่องเปิดร้อยละ20 ขนาด 0.95x1.90 เมตร ช่องเปิดร้อยละ50 ขนาด 0.95x3.65 เมตร และช่องว่างระหว่างผนังคอกและระดับฝ้าโรงเรือนเท่ากับ 1.05 เมตร สรุปการทดลองได้ดังนี้ อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:50 ทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยในโรงเรือนสูงสุด ร้อยละความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้นมากที่สุด การกระจายตัวของลมดีที่สุด และเกิดร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิมากที่สุด อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:50 และ 50:20 ทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยในโรงเรือน ร้อยละความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้น การกระจายตัวของลมและ ร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 ทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยในโรงเรือน ร้อยละความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้น การกระจายตัวของลมและ ร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิต่ำที่สุด ในขณะที่ทั้ง 4 การทดลองทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยที่สามารถลดอุณหภูมิได้ 0.375 องศาเซลเซียส

(2) ผนังคอกม้าสูง 3.00 เมตร

ช่องเปิดร้อยละ20 ขนาด 1.50x1.40 เมตร ช่องเปิดร้อยละ50 ขนาด 1.50x3.65 เมตร และช่องว่างระหว่างผนังคอกและระดับฝ้าโรงเรือนเท่ากับ 0.50 เมตร สรุปการทดลองได้ดังนี้ อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:50 ทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยในโรงเรือนสูงสุด ร้อย

Ref. code: 256059160301161QY

ละความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้นมากที่สุด การกระจายตัวของลมดีที่สุด และเกิดร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิมากที่สุด อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:20 ทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยในโรงเรือน ร้อยละความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้น การกระจายตัวของลมและ ร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิดีกว่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและคอกม้าด้านลมออกเท่ากับ 20:50 เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 ทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยในโรงเรือน ร้อยละความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้น การกระจายตัวของลมและ ร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิต่ำที่สุด ในขณะที่ทั้ง 4 การทดลองทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ยที่สามารถลดอุณหภูมิได้ 0.375 องศาเซลเซียส

5.1.1.3 เปรียบเทียบผลการทดลองผนังคอกม้าสูง 2.45 และ 3.00 เมตร

เปรียบเทียบผลการทดลองทั้ง 2 ชุด โดยพิจารณา ความเร็วลมเฉลี่ย ร้อยละความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง ร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ สัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน ดังนี้

(1) ความเร็วลมเฉลี่ย และร้อยละความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้น

ผนังคอกม้าสูง 2.45 เมตร ทำให้ความเร็วลมเฉลี่ย และร้อยละความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้นของอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 20:50 และ 50:20 สูงกว่ากรณีผนังสูง 3.00 เมตร แต่อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 50:50 ของผนังสูง 3.00 เมตร ทำให้เกิดความเร็วลมเฉลี่ย และร้อยละความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้นสูงกว่ากรณีผนังสูง 2.45 เมตร เพียงเล็กน้อย

(2) ร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ และการลดอุณหภูมิเฉลี่ย

ผนังคอกม้าสูง 2.45 เมตร ทำให้ร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิของอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 50:20 และ 50:50 สูงกว่ากรณีผนังสูง 3.00 เมตร แต่อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:50 ทำให้ร้อยละสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิสูงกว่ากรณีผนังสูง 2.45 เพียงเล็กน้อย และทั้ง 2 กรณีสามารถทำให้เกิดการลดอุณหภูมิเฉลี่ยได้เท่ากันคือ 0.375 องศาเซลเซียส

(3) การกระจายตัวของลม

ผนังคอกม้าสูง 2.45 เมตร ทำให้เกิดการกระจายตัวของลมมากกว่ากรณีผนังสูง 3.00 เมตร ในทุกกรณี จากการกำหนดโรงเรือนจำลองตัวอย่างเมื่อกำหนดตัวแปรความสูงของผนัง 2.45 และ 3.00

Ref. code: 256059160301161QY

เมตร เพื่อพิจารณารูปแบบช่องเปิด และช่องว่างระหว่างหลังคาพบว่า ผนังสูง 2.45 เมตร ทำให้ลักษณะช่องเปิด และช่องว่างระหว่างผนังคอกม้าและระดับฝ้ากว้างกว่าทำให้ลมที่ผ่านมีปริมาตรที่มากกว่า เกิดการกระจายตัวได้อย่างทั่วถึงเมื่อวัดที่ระดับอยู่อาศัยของม้า

5.1.1.4 สรุปผลการทดลองตำแหน่งช่องเปิดโรงเรือน

จากการจำลองโรงเรือนตัวอย่าง ได้ทำการทดลองขนาดช่องเปิดของคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกขนาดต่าง ๆ เมื่อผนังสูง 2.45 และ 3.00 เมตร สรุปผลได้ว่าเมื่อผนังสูง 2.45 เมตร เกิดการกระจายตัวของลมดีกว่า แต่ยังคงเกิดพื้นที่อับลมในบางพื้นที่ จึงได้ทำการทดลองตำแหน่งช่องเปิดของคอกม้าด้านลมเข้า และคอกม้าด้านลมออกโดยกำหนดอัตราส่วนของช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังคอกม้า ขนาดร้อยละ20 โดยทดลองทั้งหมด 2 การทดลองสามารถสรุปผลโดยเปรียบเทียบกับอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 ได้ดังนี้

(1) ปรับช่องเปิดของคอกม้าตำแหน่งริมโรงเรือน

เมื่อปรับช่องเปิดของคอกม้าตำแหน่งริมโรงเรือนแล้วพบว่าความเร็วลมเฉลี่ยในโรงเรือน และร้อยละความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้นต่ำลง เกิดการกระจายตัวของลมได้น้อยลงเนื่องจากช่องเปิดตำแหน่งริมโรงเรือนทำให้เกิดความเร็วลมสูงแค่ตำแหน่งช่องเปิดเท่านั้น รวมไปถึงสัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิก็ต่ำลงด้วยเช่นกัน

(2) แบ่งช่องเปิดออกเป็น 2 ช่อง

เมื่อแบ่งช่องเปิดออกเป็น 2 ช่อง แล้วพบว่าความเร็วลมเฉลี่ยในโรงเรือน และร้อยละความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้นเพิ่มมากขึ้น แต่ยังคงมีการกระจายตัวของลมน้อยกว่ากรณีอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20

5.1.2 ศึกษาการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าเพื่อความสบายเชิงอุณหภาพ

นำแนวทางการออกแบบที่ได้จากการทดลองมาประยุกต์ใช้กับสภาพภูมิอากาศต่าง ๆ โดยคำนวณจากสมการดัชนีความสบายที่ใช้ได้กับค่าความชื้นในอากาศในช่วงร้อยละ 60 ถึง 80 ได้แก่ ภูมิอากาศในประเทศไทย อยู่ในกลุ่มภูมิอากาศร้อนชื้น (Tropical Climates) แบบทุ่งหญ้าสะวันนา และแบบมรสุมเขตร้อน อุณหภูมิอากาศทั้งในฤดูร้อน และฤดูหนาวสูงตลอดทั้งปี ภูมิอากาศในประเทศออสเตรเลีย อยู่ในกลุ่มภูมิอากาศกึ่งร้อนชื้น (Humid subtropical climate) อุณหภูมิอากาศในฤดูร้อนอุณหภูมิปานกลาง และในฤดูหนาวเย็นสบาย ส่วนภูมิอากาศในประเทศเยอรมนี อยู่ในกลุ่มภูมิอากาศอบอุ่นชื้น (Mesothermal Climate) แบบอบอุ่นชื้นภาคพื้นสมุทร ฤดูร้อนไม่ร้อนจนเกินไป และฤดูหนาวไม่หนาวจัด เพื่อหาแนวทางในการ

Ref. code: 256059160301161QY

ออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าเพื่อให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพ โดยพิจารณาจากอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงสุดในฤดูร้อน และฤดูหนาว ความเร็วลมเฉลี่ย และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่อปี ร่วมกับสมการที่ 1 ผลของความเร็วลมต่ออุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลงดังตารางที่ 5.1 และผลของร้อยละความเร็วลมภายในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้นจากการทดลอง

$$WBGT = (0.7 \times T_{wb}) + (0.3 \times T_g) \qquad \text{สมการที่1}$$

ตารางที่ 5.1

ตารางแสดงความเร็วลมต่ออุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลง

ความเร็วลม(เมตรต่อวินาที)	**อุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลง(องศาเซลเซียส)**
<0.28	ไม่ลดอุณหภูมิ
0.28	0.375
0.56	0.75
0.83	1.125
1.11	1.5
1.39	1.875
1.67	2.25
1.94	2.625
2.22	3
2.5	3.375

ที่มา: โดยผู้วิจัย (2561)

5.1.2.1 โรงเรือนเลี้ยงม้าในเขตภูมิอากาศร้อน-ชื้น (Tropical Climates)

(1) ฤดูร้อน

ประเทศไทย อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ในช่วงเดือน เมษายน พฤษภาคม อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 35 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเฉลี่ยในทางทิศใต้ 1.6 เมตรต่อวินาที ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 80 จากสมการที่ 1 สามารถพิจารณาค่ามาตรฐานดัชนีความสบายของม้าได้ดังตารางที่ 5.2 ที่ค่าดัชนีความสบาย 28 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิอากาศที่อยู่ในช่วงสบายเท่ากับ 30.16 องศาเซลเซียส

Ref. code: 256059160301161QY

ตารางที่ 5.2

ตารางแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิ และค่าดัชนีความสบายของประเทศไทย

อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	อุณหภูมิโกลบ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิกระเปาะเปียก (องศาเซลเซียส)	ดัชนี ความสบาย WBGT
35.00	<0.28	35.19	32.00	32.96
34.00		34.11	31.00	31.93
33.00		33.03	30.00	30.91
32.00		31.95	29.00	29.89
31.00		30.87	28.00	28.86
30.16		***29.96***	***27.16***	***28***
30.00		29.79	27.00	27.84

ที่มา: โดยผู้วิจัย (2561)

ตารางที่ 5.3

ตารางแสดงผลการประยุกต์ใช้กับภูมิอากาศประเทศไทย (ฤดูร้อน)

อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออก (ผนังสูง 2.45 เมตร)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	ความเร็วลม (m/s)	อุณหภูมิที่ม้ารู้สึก (องศาเซลเซียส)
20:20	30.47	0.48	33.63
20:50	35.85	0.57	33.25
50:20	35.87	0.57	33.25
50:50	40.01	0.64	33.25

ที่มา: โดยผู้วิจัย (2561)

จากตารางที่ 5.3 พิจารณาอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าขนาดต่าง ๆ จากการทดลองพบว่าความเร็วลมในโรงเรือนทำให้อุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลงอยู่ในช่วง 0.375-0.75 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลงได้มากที่สุดคือ 33.25 องศาเซลเซียส ซึ่งยังไม่อยู่ในช่วงอุณหภูมิอากาศที่สบาย ต้องการลดอุณหภูมิอีกประมาณ 3 องศาเซลเซียส หรือต้องการความเร็วลมมากกว่า 0.56 เมตรต่อวินาที

(2) ฤดูหนาว

ประเทศไทย อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือน ธันวาคม อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 32 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเฉลี่ยในทางทิศใต้ 1.6 เมตรต่อวินาที ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 จากสมการที่ 1 สามารถพิจารณาค่ามาตรฐานดัชนีความสบายของม้าได้ดังตารางที่ 5.2 ที่ค่าดัชนีความสบาย 28 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิอากาศที่อยู่ในช่วงสบายเท่ากับ 30.16 องศาเซลเซียส

Ref. code: 256059160301161QY

ตารางที่ 5.4

ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อประยุกต์ใช้กับภูมิอากาศประเทศไทย (ฤดูหนาว)

อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออก (ผนังสูง 2.45 เมตร)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	ความเร็วลม (m/s)	อุณหภูมิที่ม้ารู้สึก (องศาเซลเซียส)
20:20	30.47	0.48	31.63
20:50	35.85	0.57	31.25
50:20	35.87	0.57	31.25
50:50	40.01	0.64	31.25

ที่มา: โดยผู้วิจัย (2561)

จากตารางที่ 5.4 พิจารณาอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าขนาดต่าง ๆ จากการทดลองพบว่าความเร็วลมในโรงเรือนทำให้อุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลงอยู่ในช่วง 0.375-0.75 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลงได้มากที่สุดคือ 31.25 องศาเซลเซียส ซึ่งยังไม่อยู่ในช่วงอุณหภูมิอากาศที่สบาย จึงต้องการลดอุณหภูมิอีกประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส หรือต้องการความเร็วลมมากกว่า 2 เมตรต่อวินาที

ประเทศไทยซึ่งเป็นตัวแทนของประเทศในเขตภูมิอากาศร้อน-ชื้น อุณหภูมิอากาศ และความชื้นค่อนข้างสูงทั้งในฤดูร้อน และ ฤดูหนาว การออกแบบช่องเปิดเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพ ปัจจัยที่ช่วยในการทำให้เกิดความสบายได้แก่ อุณหภูมิอากาศ คือการลดอุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่ภายในโรงเรือน ยกตัวอย่างเช่น การใช้ระบบการทำความเย็นแบบระเหย (Evaporation Cooling System) ประกอบด้วย แผ่นทำความเย็น (Cooling Pad) และพัดลมดูดอากาศ (Blower) โดยประสิทธิภาพของแผ่นระเหยที่ระดับความชื้นต่าง ๆ มีความสามารถในการลดอุณหภูมิอากาศที่ผ่านเข้ามาในโรงเรือนได้มากถึง 12 องศาเซลเซียสดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5

ตารางแสดงประสิทธิภาพแผ่นรังผึ้งที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ๆ

อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิกระเปาะเปียก (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย (ร้อยละ)	อุณหภูมิที่ลดลง (องศาเซลเซียส)
35	22	30%	88%	12
35	24	40%	88%	10
35	26	50%	88%	8
35	28	60%	88%	6

ที่มา: Technology Agreement Group Co., Ltd.

Ref. code: 256059160301161QY

5.1.2.2 โรงเรือนเลี้ยงม้าในเขตภูมิอากาศกึ่งร้อนชื้น (Humid subtropical climate)

(1) ฤดูร้อน

ประเทศออสเตรเลีย อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ในช่วงเดือน มกราคม กุมภาพันธ์ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 31 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเฉลี่ยในทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือค่อนไปทางเหนือ 3.4 เมตรต่อวินาที ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 จากสมการที่ 1 เมื่อพิจารณาค่ามาตรฐานดัชนีความสบายของม้ากำหนดไว้ที่ 28 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิอากาศที่อยู่ในช่วงสบายเท่ากับ 30.84 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 5.6

ตารางแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิ และค่าดัชนีความสบายของประเทศออสเตรเลีย

อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	**ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)**	**อุณหภูมิโกลบ (องศาเซลเซียส)**	**อุณหภูมิกระเปาะเปียก (องศาเซลเซียส)**	**ดัชนี ความสบาย WBGT**
31.00	<0.28	30.87	27.00	28.16
30.84		***30.70***	***26.84***	***28.00***
30.00		29.79	26.00	27.14
29.00		28.71	25.00	26.11
28.00		27.63	24.00	25.09
27.00		26.55	23.00	24.06
26.00		25.47	22.00	23.04

ที่มา: โดยผู้วิจัย (2561)

ตารางที่ 5.7

ตารางแสดงผลเมื่อประยุกต์ใช้กับภูมิอากาศประเทศออสเตรเลีย (ฤดูร้อน)

อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออก (ผนังสูง 2.45 เมตร)	**ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น (%)**	**ความเร็วลม (m/s)**	**อุณหภูมิที่ม้ารู้สึก (องศาเซลเซียส)**
20:20	30.47	1.04	29.88
20:50	35.85	1.22	29.50
50:20	35.87	1.22	29.50
50:50	40.01	1.36	29.50

ที่มา: โดยผู้วิจัย (2561)

จากตารางที่ 5.7 พิจารณาอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าขนาดต่าง ๆ จากการทดลองพบว่าความเร็วลมในโรงเรือนทำให้อุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลงอยู่ในช่วง 1.125-1.5 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่ม้ารู้สึก

Ref. code: 256059160301161QY

ลดลงได้มากที่สุดคือ 29.50 องศาเซลเซียส ซึ่งการออกแบบช่องเปิดด้วยอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 ทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพได้

(2) ฤดูหนาว

ประเทศออสเตรเลีย อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือน มิถุนายน กรกฎาคม อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 16 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเฉลี่ยในทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือค่อนไปทางเหนือ 3.4 เมตรต่อวินาที ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 จากสมการที่ 1 เมื่อพิจารณาค่ามาตรฐานดัชนีความสบายของม้ากำหนดไว้ที่ 28 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิอากาศที่อยู่ในช่วงสบายเท่ากับ 30.84 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 5.8

ตารางแสดงผลเมื่อประยุกต์ใช้กับภูมิอากาศประเทศออสเตรเลีย (ฤดูหนาว)

อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออก (ผนังสูง 2.45 เมตร)	**ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น (%)**	**ความเร็วลม (m/s)**	**อุณหภูมิที่ม้ารู้สึก (องศาเซลเซียส)**
20:20	30.47	1.04	14.88
20:50	35.85	1.22	14.50
50:20	35.87	1.22	14.50
50:50	40.01	1.36	14.50

ที่มา: โดยผู้วิจัย (2561)

จากตารางที่ 5.8 พิจารณาอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าขนาดต่าง ๆ จากการทดลองพบว่าความเร็วลมในโรงเรือนทำให้อุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลงอยู่ในช่วง 1.125-1.5 องศาโดยอุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลงได้มากที่สุดคือ 14.50 องศาเซลเซียส ซึ่งการออกแบบช่องเปิดด้วยอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 ทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพได้

ประเทศออสเตรเลียซึ่งเป็นตัวแทนของประเทศในเขตภูมิอากาศร้อนแห้ง ในฤดูร้อนอุณหภูมิอากาศสูง และในฤดูหนาวอุณหภูมิอากาศต่ำ การออกแบบช่องเปิดด้วยอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 ทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพได้ทั้งในช่วงฤดูร้อน และฤดูหนาว

5.1.2.3 โรงเรือนเลี้ยงม้าในภูมิอากาศอบอุ่นชื้น (Mesothermal Climate)

(1) ฤดูร้อน

ประเทศเยอรมนี อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ในช่วงเดือน กรกฎาคม สิงหาคม อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 27 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเฉลี่ยในทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ค่อนไปทางตะวันตก 5.5 เมตรต่อวินาที ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 จากสมการที่ 1 เมื่อพิจารณาค่ามาตรฐานดัชนีความสบายของม้ากำหนดไว้ที่ 28

Ref. code: 256059160301161QY

องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิอากาศที่อยู่ในช่วงสบายเท่ากับ 31.53 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิอากาศ 27 องศาเซลเซียสสามารถทำให้อุณหภูมิอยู่ในช่วงที่สบาย

ตารางที่ 5.9

ตารางแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิ และค่าดัชนีความสบายของประเทศเยอรมนี

อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	อุณหภูมิโกลบ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิกระเปาะเปียก (องศาเซลเซียส)	ดัชนี ความสบาย WBGT
27.00	<0.28	26.55	22.00	23.36
28.00		27.63	23.00	24.39
27.00		26.55	22.00	23.36
26.00		25.47	21.00	22.34
25.00		24.39	20.00	21.32
24.00		23.31	19.00	20.29

ที่มา: โดยผู้วิจัย (2561)

ตารางที่ 5.10

ตารางแสดงผลเมื่อประยุกต์ใช้กับภูมิอากาศประเทศเยอรมนี (ฤดูร้อน)

อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออก (ผนังสูง 2.45 เมตร)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น (%)	ความเร็วลม (m/s)	อุณหภูมิที่ม้ารู้สึก (องศาเซลเซียส)
20:20	30.47	1.68	24.75
20:50	35.85	1.97	24.38
50:20:00	35.87	1.97	24.38
50:50:00	40.01	2.20	24.38

ที่มา: โดยผู้วิจัย (2561)

จากตารางที่ 5.10 พิจารณาอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าขนาดต่าง ๆ จากการทดลองพบว่าความเร็วลมในโรงเรือนทำให้อุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลงอยู่ในช่วง 2.25-2.625 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลงได้มากที่สุดคือ 24.38 องศาเซลเซียส ซึ่งการออกแบบช่องเปิดด้วยอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 ทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพได้

Ref. code: 256059160301161QY

(2) ฤดูหนาว

ประเทศเยอรมนี อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือน มกราคม กุมภาพันธ์ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 3 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเฉลี่ยในทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ค่อนไปทางตะวันตก 5.5 เมตรต่อวินาที ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 จากสมการที่ 1 เมื่อพิจารณาค่ามาตรฐานดัชนีความสบายของม้ากำหนดไว้ที่ 28 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิอากาศที่อยู่ในช่วงสบายเท่ากับ 31.53 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิอากาศ 27 องศาเซลเซียสสามารถทำให้อุณหภูมิอยู่ในช่วงที่สบาย

ตารางที่ 5.11

ตารางแสดงผลเมื่อประยุกต์ใช้กับภูมิอากาศประเทศเยอรมนี (ฤดูหนาว)

อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออก (ผนังสูง 2.45 เมตร)	**ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)**	**ความเร็วลม (m/s)**	**อุณหภูมิที่ม้ารู้สึก (องศาเซลเซียส)**
20:20	30.47	1.68	-0.75
20:50	35.85	1.97	-0.38
50:20:00	35.87	1.97	-0.38
50:50:00	40.01	2.20	-0.38

ที่มา: โดยผู้วิจัย (2561)

จากตารางที่ 5.11 พิจารณาอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าขนาดต่าง ๆ จากการทดลองพบว่าความเร็วลมในโรงเรือนทำให้อุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลงอยู่ในช่วง 2.25-2.625 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลงได้มากที่สุดคือ -0.38 องศาเซลเซียส ซึ่งการออกแบบช่องเปิดด้วยอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 ทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพได้

ประเทศเยอรมนีซึ่งเป็นตัวแทนของประเทศในเขตภูมิอากาศหนาว อุณหภูมิอากาศต่ำทั้งในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว การออกแบบช่องเปิดด้วยอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกเท่ากับ 20:20 ทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพได้ การศึกษาความสบายเชิงอุณหภาพสำหรับม้าในสภาพอากาศหนาว กำหนดให้ช่วงอุณหภูมิที่สบายขอบล่าง (Lower Critical Temperature) และขอบบน (Upper critical temperature) เท่ากับ 5 - 25 องศาเซลเซียส กล่าวคือการออกแบบช่องเปิดโรงเรือนขนาดต่าง ๆ สามารถทำให้อุณหภูมิอยู่ในช่วงที่ม้าสบายได้เช่นกัน แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูหนาว อุณหภูมิอากาศต่ำมากและผลของความเร็วลมทำให้อุณหภูมิที่ม้ารู้สึกลดลงจนทำให้ไม่อยู่ในช่วงที่สบาย ดังนั้นควรมีการเพิ่มความอบอุ่นแก่ม้า โดยการเพิ่มอุณหภูมิภายในโรงเรือนยกตัวอย่างเช่น การติดเครื่องทำความร้อน (Heating) การติดตั้งบานหน้าต่างที่ช่องเปิดเพื่อกันลมที่เข้ามาในโรงเรือน เป็นต้น

Ref. code: 256059160301161QY

5.2 แนวทางการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้า

การนำผลการทดลองประยุกต์ใช้กับแนวทางการออกแบบโรเรือนเลี้ยงม้าเพื่อความสบายเชิงอุณหภาพในสภาพภูมิอากาศต่าง ๆ สำหรับผู้ออกแบบ พิจารณาดังนี้

5.2.1 พิจารณาข้อมูลสภาพภูมิอากาศของประเทศในฤดูกาลต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ความเร็วลมเฉลี่ย และทิศทางลม

5.2.2 นำข้อมูลสภาพภูมิอากาศพิจารณาร่วมกับสมการดัชนีความสบาย เพื่อหาอุณหภูมิอากาศที่สามารถทำให้ค่าดัชนีความสบายอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

5.2.3 พิจารณาอุณหภูมิอากาศ และความเร็วลมที่ต้องการ เพื่อทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพ

5.2.4 นำข้อมูลสภาพภูมิอากาศไปประยุกต์ใช้กับผลการทดลองอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกกรณีต่าง ๆ ดังนี้ พิจารณาความเร็วลมในโรงเรือนต่อความเร็วลมตั้งต้นที่สามารถเกิดขึ้นได้ อุณหภูมิที่สามารถลดลงได้ และอุณหภูมิที่ม้ารู้สึกว่าอยู่ในช่วงที่ต้องการหรือไม่

5.2.5 เลือกอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังคอกม้าด้านลมเข้าและด้านลมออกที่ทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพ ควรพิจารณาทั้งในฤดูร้อน และฤดูหนาวเพื่อทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพตลอดทั้งปี

5.2.6 ออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าตามมาตรฐานโรงเรือนเลี้ยงม้าร่วมกับการออกแบบช่องเปิดที่ทำให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพ

5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

5.3.1 การศึกษาโรงเรือนเลี้ยงม้ากรณีศึกษามีขอบเขตการศึกษาโดยศึกษาโรงเรือนเลี้ยงม้าจำนวน 4 แห่ง ในเขตชานเมือง กรุงเทพฯและปริมณฑลที่มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ซึ่งมีโรงเรือนจำนวนมากกว่า 4 แห่งที่ควรศึกษาเพิ่มเติม

5.3.2 การทดลองจำลองการไหลของอากาศโดยกำหนดให้ลมเข้าจากทางทิศใต้ (ตั้งฉากกับช่องเปิด) ในความเป็นจริงการไหลของอากาศอาจมาจากทิศทางอื่นขึ้นอยู่กับฤดูกาล ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในกรณีที่ลมไหลเข้ามาในทิศต่าง ๆ

Ref. code: 256059160301161QY

5.3.3 ศึกษาลักษณะของช่องเปิดเพิ่มเติมเพื่อนำอากาศเข้ามายังบริเวณอยู่อาศัยของม้า ตัวอย่างเช่น การออกแบบช่องเปิดในลักษณะบานเกร็ด เพื่อบังคับทิศทางลมให้ไหลเข้าสู่บริเวณคอกม้าเพิ่มมากขึ้น

5.3.4 วิจัยนี้เน้นศึกษาความเร็วลมจากขนาด และตำแหน่งของช่องเปิดโรงเรือนที่มีผลต่อความสบายเชิงอุณหภาพ ควรศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสบายเชิงอุณหภาพอื่น ๆ เพิ่มเติม ยกตัวอย่างเช่น วิธีการลดอุณหภูมิอากาศด้วยระบบการทำความเย็นแบบระเหยกับโรงเรือนเลี้ยงม้า

Ref. code: 256059160301161QY

รายการอ้างอิง

บทความวารสาร

เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์ และ ดารณี จารีมิตร. (2005). การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ: แนวทางการออกแบบผังอาคารชุดพักอาศัยประเภทอาคารสูง. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies, 3*, 23-36.

วิทยานิพนธ์

วสันต์ เลาห์กมล. (2547). *การออกแบบระบบระบายอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่พันธุ์เนื้อ.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัปน์ เธียรชุติมา. (2553). *การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติแบบช่องเปิดด้านเดียวสำหรับห้องพักอาคารสูง.* (สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Book and Article

Kenneth William Hinchcliff, A. J. K., Raymond J. Geor. (2008). *Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the Athletic Horse*. China: Elsevier.

Lewis, L. D. (2013). *Feeding and Care of the Horse*: John Wiley & Sons.

Olgyay, V. (1992) . *Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism*. New York: Van Nostrand Reinhold.

Journal Article

Barker, W. (2012). Cooling the performance horse. *hoofbeats*, 10-17.

Bean, R. (2013). Solve the mean radiant temperature problems to solve building energy problems. *HPAC,* 14-17.

Ref. code: 256059160301161QY

GEOR, R. J., McCUTCHEON, L. J., ECKER, G. L., & LINDINGER, M. I. (1995). Thermal and cardiorespiratory responses of horses to submaximal exercise under hot and humid conditions. *Equine Vaterinary Journal, 27*(S20), 125-132.

Thomas, T. (2017). Heat stress series: Management tips to reduce heat stress. *pig process, 33,* 14-15.

Wales, T. S. o. N. S. (2001). Methods of Heat Dissipation in Exercising Horses. *TAFE NSW Commission*.

Thesis

Lundvall, J. (2013). *Comparison of stable environment in prior approved and non-prior approved horse stables.* (Second cycle, A2E), Dept. of Animal Environment and Health.

Maia, A., Oliveira, M., Moura, D., Juliana, V., Medeiros, L., & Griska, R. (2013). *A decision-tree-based model for evaluating the thermal comfort of horses.* School of Agricultural Engineering, Brazilian Agricultural Research Company, Federal University of Santa Maria and University Center of Jaguariúna.

Mathews, E. H., & Arndt, D. C. (2002). *Validation of models to predict the thermal and ventilation performance of horse stables.* Potchefstroom University.

Electronic Article

Anderson, K. E., & Carter, T. A. (2004). Hot Weather Management of Poultry. Retrieved from http://www.thepoultrysite.com

Australian Government. (2010). Thermal Comfort observations. Retrieved from http://www.bom.gov.au

Ref. code: 256059160301161QY

EQUESTRIAN AUSTRALIA. (2017) . Hot Weather Policy. Retrieved from http://www.equestrian.org.au

Farm Forest Line. (2009). Heat and Cold Stress of Farm Animal. Retrieved from http://www.farmforestline.com.au

Gayle S. Leith, DVM., MS. HEAT STRESS IN THE HORSE Retrieved from http://www.the-horse-source.com

Hoff, S. J. (2006) . The Environment in Swine Housing. Retrieved from http://porkgateway.org

Kaiser-Martin Group. Horse Barn Design. Retrieved from http://kaiserbuilds.com

Marlin, D. J. (2007). The effect of thermal environmental conditions on the health and performance of horses. Retrieved from http://davidmarlin.co.uk

Martinson, K., Hathaway, M., Ward, C., & Johnson, R. Managing horses during hot weather. Retrieved from www.extension.umn.edu

Wheeler, E. Horse Stall Design. Retrieved from https://extension.psu.edu

Wheeler, E. Horse Stable Ventilation. Retrieved from https://extension.psu.edu/horse-stable-ventilation

Wood, C. , & Griffin, A. (2013) . Equine Thermoregulation. Retrieved from http://articles.extension.org

Ref. code: 256059160301161QY

ภาคผนวก

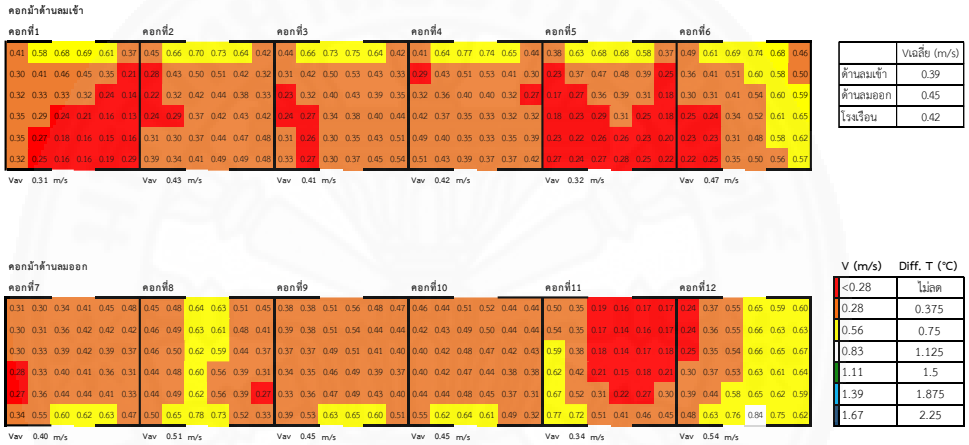
Ref. code: 256059160301161QY

ภาคผนวก ก
การจำลองการไหลอากาศของขนาด และตำแหน่งช่องเปิด

การทดลองผลของขนาดช่องเปิดที่มีผลต่อความเร็วลมภายในคอกม้า

การทดลองเมื่อกำหนดผนังคอกม้าสูง 2.45 เมตร ช่องเปิดร้อยละ20 ขนาด 0.95x1.90 เมตร ช่องเปิดร้อยละ50 ขนาด 0.95x3.65 เมตร และช่องว่างระหว่างผนังคอกและระดับฝ้าโรงเรือนเท่ากับ 1.05 เมตร

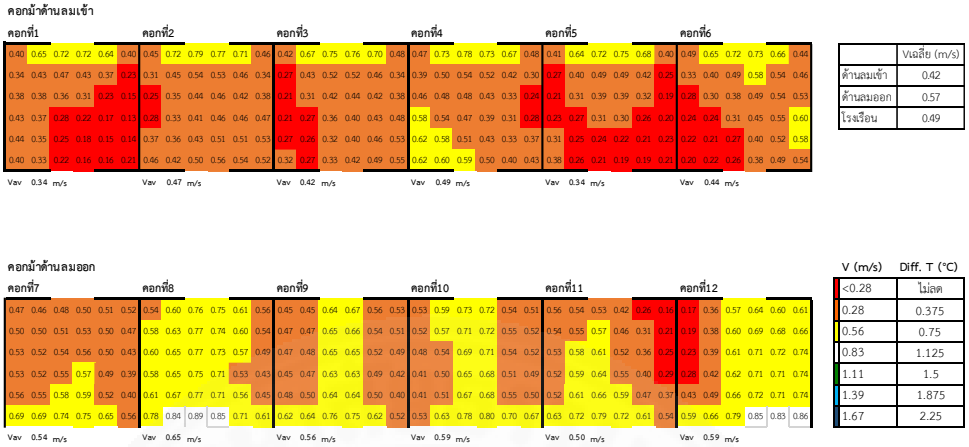
(1) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20



	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง(°C)	สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ(%)
คอกที่1	0.31	22.46	0.54	0.375	52.78
คอกที่2	0.43	31.16	0.29	0.375	88.89
คอกที่3	0.41	29.71	0.32	0.375	86.11
คอกที่4	0.42	30.43	0.30	0.375	94.44
คอกที่5	0.32	23.19	0.48	0.375	38.89
คอกที่6	0.47	34.06	0.37	0.375	83.33
คอกที่7	0.40	28.99	0.27	0.375	94.44
คอกที่8	0.51	36.96	0.25	0.375	97.22
คอกที่9	0.45	32.61	0.18	0.375	100.00
คอกที่10	0.45	32.61	0.16	0.375	100.00
คอกที่11	0.34	24.64	0.65	0.375	50.00
คอกที่12	0.54	39.13	0.33	0.375	91.67

Ref. code: 256059160301161QY

(2) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:50



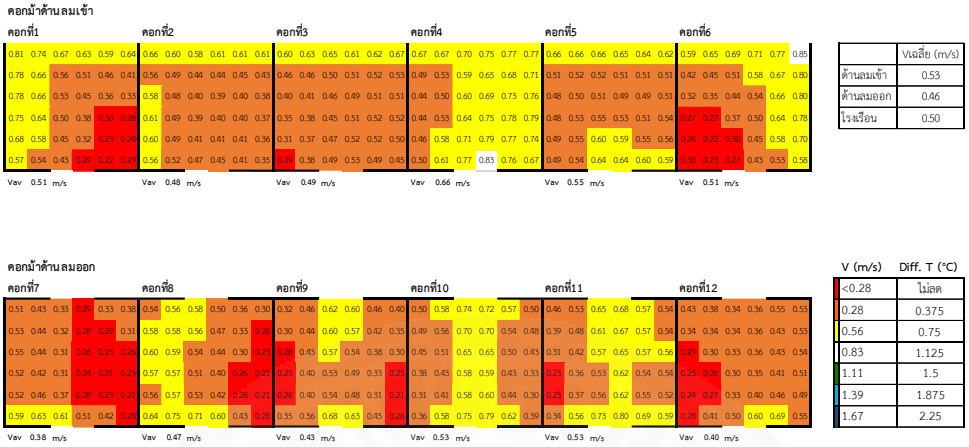
	Vเฉลี่ย (m/s)
ด้านลมเข้า	0.42
ด้านลมออก	0.57
โรงเรือน	0.49

V (m/s)	Diff. T (°C)
<0.28	ไม่ลด
0.28	0.375
0.56	0.75
0.83	1.125
1.11	1.5
1.39	1.875
1.67	2.25

	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง(°C)	สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ(%)
คอกที่1	0.34	24.64	0.53	0.375	58.33
คอกที่2	0.47	34.06	0.29	0.375	94.44
คอกที่3	0.42	30.43	0.33	0.375	80.56
คอกที่4	0.49	35.51	0.30	0.375	94.44
คอกที่5	0.34	24.64	0.52	0.375	50.00
คอกที่6	0.44	31.88	0.35	0.375	75.00
คอกที่7	0.54	39.13	0.16	0.375	100.00
คอกที่8	0.65	47.10	0.22	0.750	100.00
คอกที่9	0.56	40.58	0.17	0.750	100.00
คอกที่10	0.59	42.75	0.18	0.750	100.00
คอกที่11	0.50	36.23	0.32	0.375	86.11
คอกที่12	0.59	42.75	0.31	0.750	88.89

Ref. code: 256059160301161QY

(3) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:20

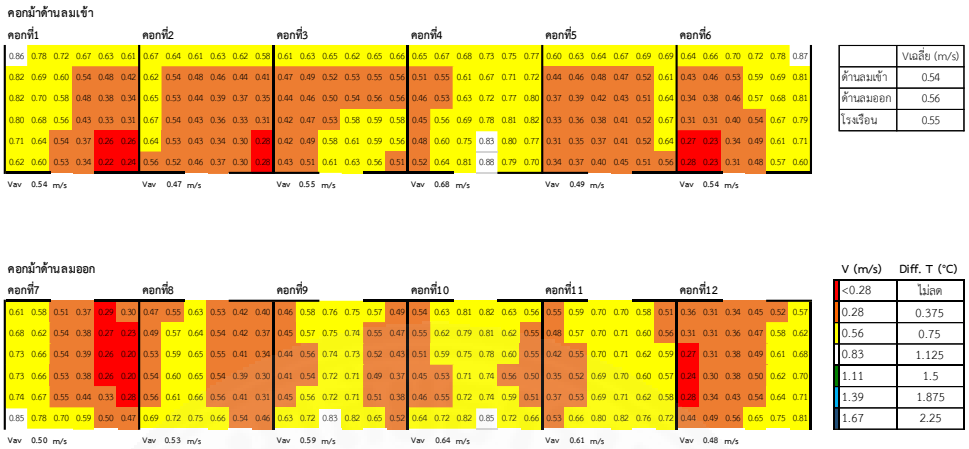


	Vเฉลี่ย (m/s)
ด้านลมเข้า	0.53
ด้านลมออก	0.46
โรงเรือน	0.50

V (m/s)	Diff. T (°C)
<0.28	ไม่ลด
0.28	0.375
0.56	0.75
0.83	1.125
1.11	1.5
1.39	1.875
1.67	2.25

	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง(°C)	สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ(%)
คอกที่1	0.51	36.96	0.35	0.375	80.56
คอกที่2	0.48	34.78	0.22	0.375	100.00
คอกที่3	0.49	35.51	0.20	0.375	97.22
คอกที่4	0.66	47.83	0.26	0.750	100.00
คอกที่5	0.55	39.86	0.12	0.375	100.00
คอกที่6	0.51	36.96	0.37	0.375	77.78
คอกที่7	0.38	27.54	0.40	0.375	63.89
คอกที่8	0.47	34.06	0.32	0.375	80.56
คอกที่9	0.43	31.16	0.31	0.375	83.33
คอกที่10	0.53	38.41	0.28	0.375	100.00
คอกที่11	0.53	38.41	0.28	0.375	94.44
คอกที่12	0.40	28.99	0.31	0.375	83.33

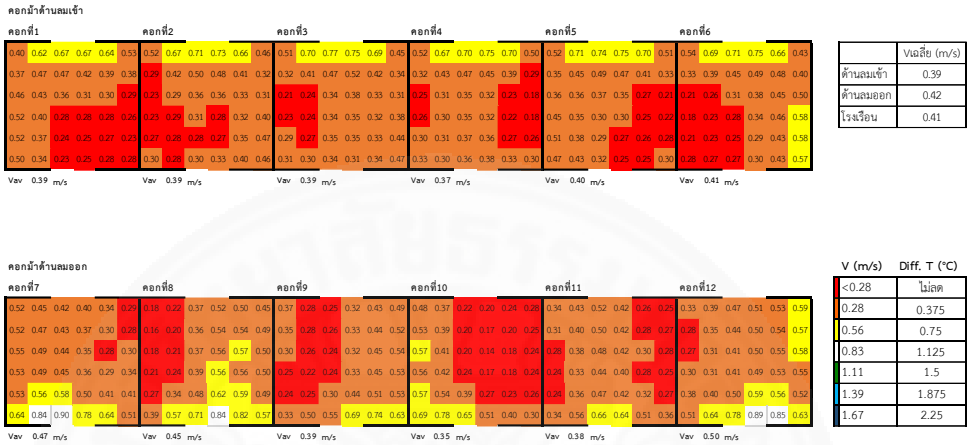
(4) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:50



	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง(°C)	สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ(%)
คอกที่1	0.54	39.13	0.34	0.375	88.89
คอกที่2	0.47	34.06	0.30	0.375	94.44
คอกที่3	0.55	39.86	0.12	0.375	100.00
คอกที่4	0.68	49.28	0.27	0.750	100.00
คอกที่5	0.49	35.51	0.26	0.375	100.00
คอกที่6	0.54	39.13	0.35	0.375	88.89
คอกที่7	0.50	36.23	0.40	0.750	77.78
คอกที่8	0.53	38.41	0.23	0.375	100.00
คอกที่9	0.59	42.75	0.23	0.750	100.00
คอกที่10	0.64	46.38	0.22	0.750	100.00
คอกที่11	0.61	44.20	0.20	0.750	100.00
คอกที่12	0.48	34.78	0.36	0.375	91.67

การทดลองเมื่อกำหนดผนังคอกม้าสูง 3.00 เมตร ช่องเปิดร้อยละ20 ขนาด 1.50x1.40 เมตร ช่องเปิดร้อยละ50 ขนาด 1.50x3.65 เมตร และช่องว่างระหว่างผนังคอกและระดับฝ้าโรงเรือนเท่ากับ 0.50 เมตร

(1) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20



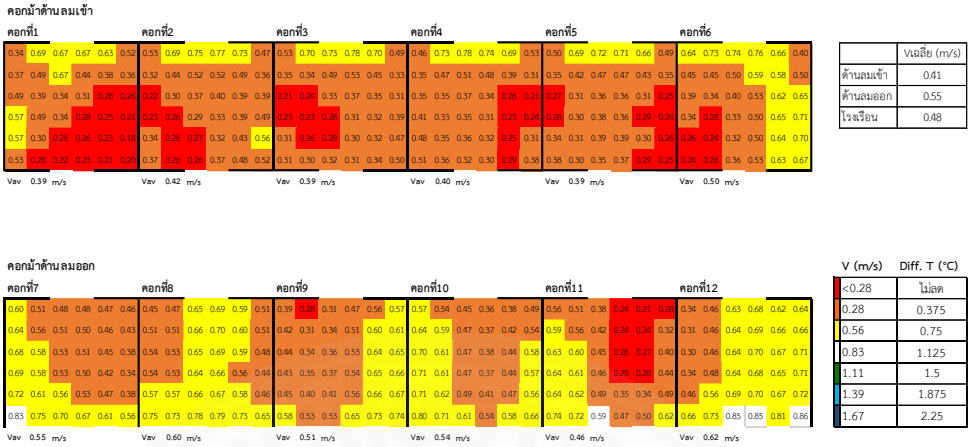
	Vเฉลี่ย (m/s)
ด้านลมเข้า	0.39
ด้านลมออก	0.42
โรงเรือน	0.41

V (m/s)	Diff. T (°C)
<0.28	ไม่ลด
0.28	0.375
0.56	0.75
0.83	1.125
1.11	1.5
1.39	1.875
1.67	2.25

	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง(°C)	สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ(%)
คอกที่1	0.39	28.26	0.33	0.375	52.78
คอกที่2	0.39	28.26	0.35	0.375	88.89
คอกที่3	0.39	28.26	0.36	0.375	86.11
คอกที่4	0.37	26.81	0.39	0.375	94.44
คอกที่5	0.40	28.99	0.37	0.375	38.89
คอกที่6	0.41	29.71	0.38	0.375	83.33
คอกที่7	0.47	34.06	0.32	0.375	94.44
คอกที่8	0.45	32.61	0.40	0.375	97.22
คอกที่9	0.39	28.26	0.38	0.375	100.00
คอกที่10	0.35	25.36	0.56	0.375	100.00
คอกที่11	0.38	27.54	0.35	0.375	50.00
คอกที่12	0.50	36.23	0.31	0.375	91.67

Ref. code: 256059160301161QY

(2) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:50



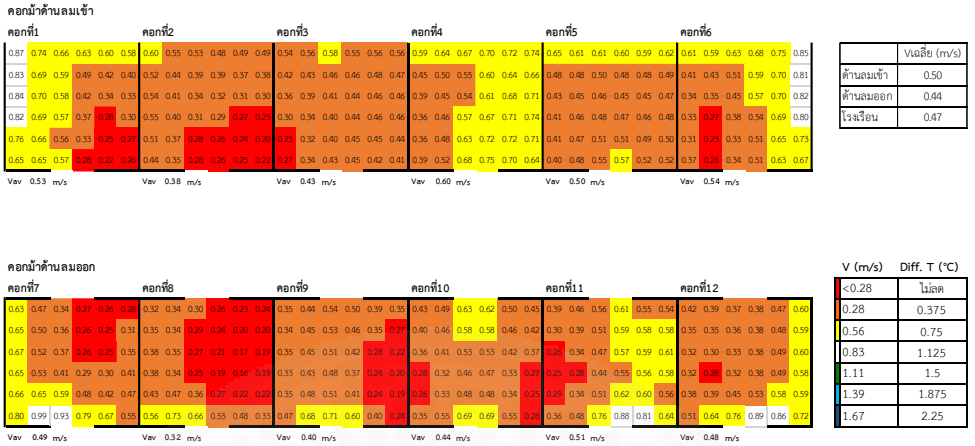
	Vเฉลี่ย (m/s)
ด้านลมเข้า	0.41
ด้านลมออก	0.55
โรงเรือน	0.48

V (m/s)	Diff. T (°C)
<0.28	ไม่ลด
0.28	0.375
0.56	0.75
0.83	1.125
1.11	1.5
1.39	1.875
1.67	2.25

	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง(°C)	สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ(%)
คอกที่1	0.39	28.26	0.42	0.375	61.11
คอกที่2	0.42	30.43	0.35	0.375	80.56
คอกที่3	0.39	28.26	0.39	0.375	80.56
คอกที่4	0.40	28.99	0.37	0.375	83.33
คอกที่5	0.39	28.26	0.35	0.375	77.78
คอกที่6	0.50	36.23	0.36	0.375	86.11
คอกที่7	0.55	39.86	0.21	0.375	100.00
คอกที่8	0.60	43.48	0.17	0.750	100.00
คอกที่9	0.51	36.96	0.29	0.375	97.22
คอกที่10	0.54	39.13	0.22	0.375	100.00
คอกที่11	0.46	33.33	0.42	0.375	75.00
คอกที่12	0.62	44.93	0.25	0.750	100.00

Ref. code: 256059160301161QY

(3) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:20

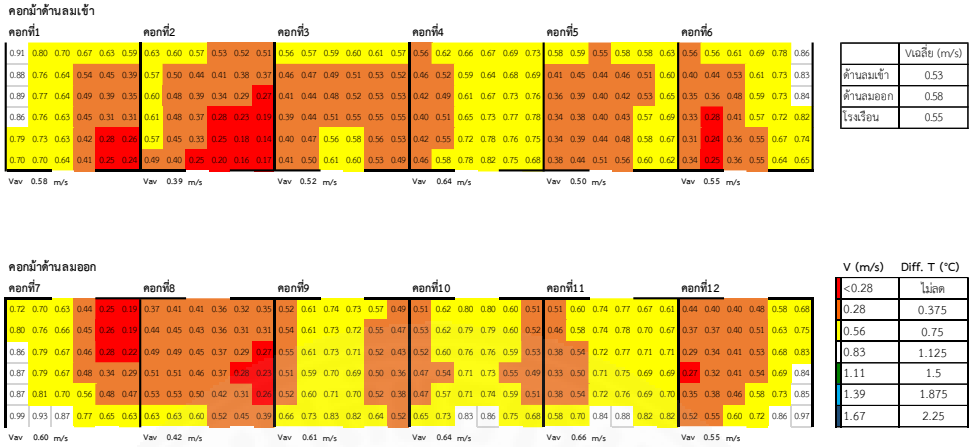


	Vเฉลี่ย (m/s)
ด้านลมเข้า	0.50
ด้านลมออก	0.44
โรงเรือน	0.47

V (m/s)	Diff. T (°C)
<0.28	ไม่ลด
0.28	0.375
0.56	0.75
0.83	1.125
1.11	1.5
1.39	1.875
1.67	2.25

	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง(°C)	สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ(%)
คอกที่1	0.53	38.41	0.36	0.375	83.33
คอกที่2	0.38	27.54	0.51	0.375	72.22
คอกที่3	0.43	31.16	0.29	0.375	94.44
คอกที่4	0.60	43.48	0.23	0.750	100.00
คอกที่5	0.50	36.23	0.14	0.375	100.00
คอกที่6	0.54	39.13	0.34	0.375	91.67
คอกที่7	0.49	35.51	0.41	0.375	80.56
คอกที่8	0.32	23.19	0.60	0.375	50.00
คอกที่9	0.40	28.99	0.34	0.375	77.78
คอกที่10	0.44	31.88	0.27	0.375	86.11
คอกที่11	0.51	36.96	0.31	0.375	88.89
คอกที่12	0.48	34.78	0.33	0.375	97.22

(4) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 50:50



	Vเฉลี่ย (m/s)
ด้านลมเข้า	0.53
ด้านลมออก	0.58
โรงเรือน	0.55

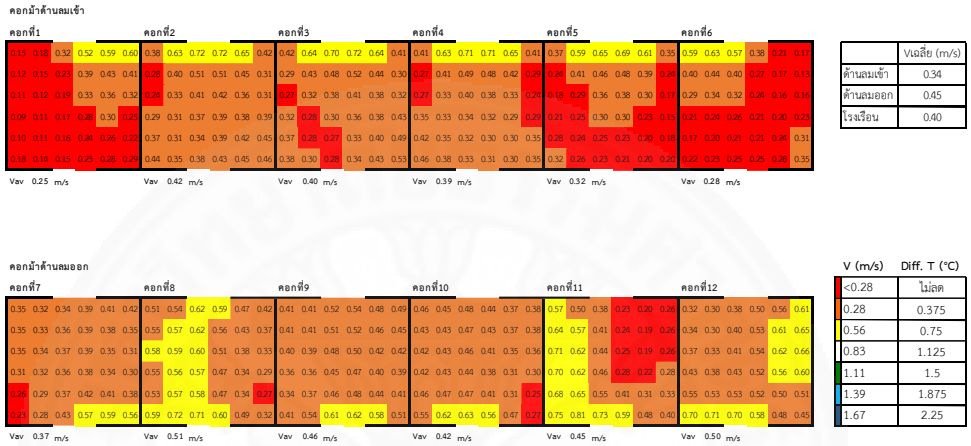
V (m/s)	Diff. T (°C)
<0.28	ไม่ลด
0.28	0.375
0.56	0.75
0.83	1.125
1.11	1.5
1.39	1.875
1.67	2.25

	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง(°C)	สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ(%)
คอกที่1	0.58	42.03	0.36	0.750	88.89
คอกที่2	0.39	28.26	0.53	0.375	69.44
คอกที่3	0.52	37.68	0.13	0.375	100.00
คอกที่4	0.64	46.38	0.25	0.750	100.00
คอกที่5	0.50	36.23	0.22	0.375	100.00
คอกที่6	0.55	39.86	0.34	0.375	91.67
คอกที่7	0.60	43.48	0.40	0.750	83.33
คอกที่8	0.42	30.43	0.43	0.375	88.89
คอกที่9	0.61	44.20	0.21	0.750	100.00
คอกที่10	0.64	46.38	0.22	0.750	100.00
คอกที่11	0.66	47.83	0.25	0.750	100.00
คอกที่12	0.55	39.86	0.34	0.375	97.22

การทดลองผลของตำแหน่งช่องเปิดที่มีผลต่อความเร็วลมภายในคอกม้า

การทดลองเมื่อกำหนดผนังคอกม้าสูง 2.45 เมตร

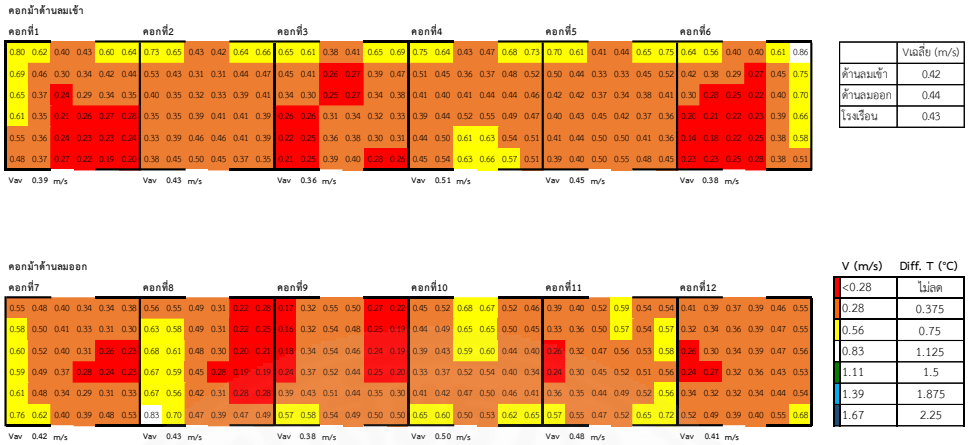
(1) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 ปรับตำแหน่งผนังคอกริม



	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง(°C)	สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ(%)
คอกที่1	0.25	18.12	1.28	0.375	30.56
คอกที่2	0.42	30.43	0.41	0.375	94.44
คอกที่3	0.40	28.99	0.45	0.375	86.11
คอกที่4	0.39	28.26	0.51	0.375	86.11
คอกที่5	0.32	23.19	0.84	0.375	44.44
คอกที่6	0.28	20.29	1.03	0.375	33.33
คอกที่7	0.37	26.81	0.56	0.375	94.44
คอกที่8	0.51	36.96	0.25	0.375	97.22
คอกที่9	0.46	33.33	0.28	0.375	100.00
คอกที่10	0.42	30.43	0.38	0.375	94.44
คอกที่11	0.45	32.61	0.49	0.375	69.44
คอกที่12	0.50	36.23	0.26	0.375	100.00

Ref. code: 25605916030116IQY

(2) อัตราส่วนช่องเปิดด้านลมเข้าต่อด้านลมออก 20:20 แบ่งช่องเปิด 2 ช่อง

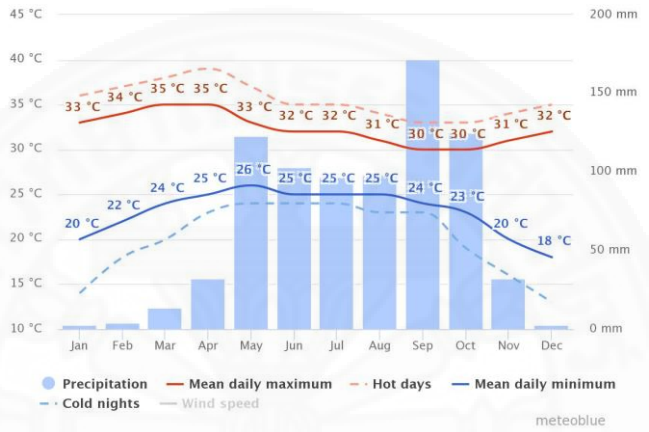


	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	ความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น(%)	สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง(°C)	สัดส่วนพื้นที่การลดอุณหภูมิ(%)
คอกที่1	0.39	28.26	0.58	0.375	63.89
คอกที่2	0.43	31.16	0.35	0.375	100.00
คอกที่3	0.36	26.09	0.61	0.375	66.67
คอกที่4	0.51	36.96	0.21	0.375	100.00
คอกที่5	0.45	32.61	0.29	0.375	100.00
คอกที่6	0.38	27.54	0.64	0.375	55.56
คอกที่7	0.42	30.43	0.47	0.375	86.11
คอกที่8	0.43	31.16	0.50	0.375	69.44
คอกที่9	0.38	27.54	0.62	0.375	66.67
คอกที่10	0.50	36.23	0.23	0.375	100.00
คอกที่11	0.48	34.78	0.28	0.375	94.44
คอกที่12	0.41	29.71	0.44	0.375	91.67

ภาคผนวก ข
การศึกษาข้อมูลภูมิอากาศ

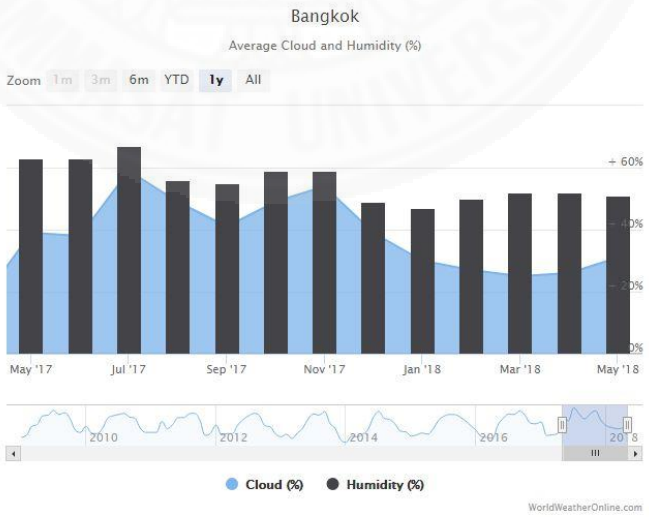
ศึกษาข้อมูลภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และทิศทางลม

(1) อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย



ที่มา: www.meteoblue.com

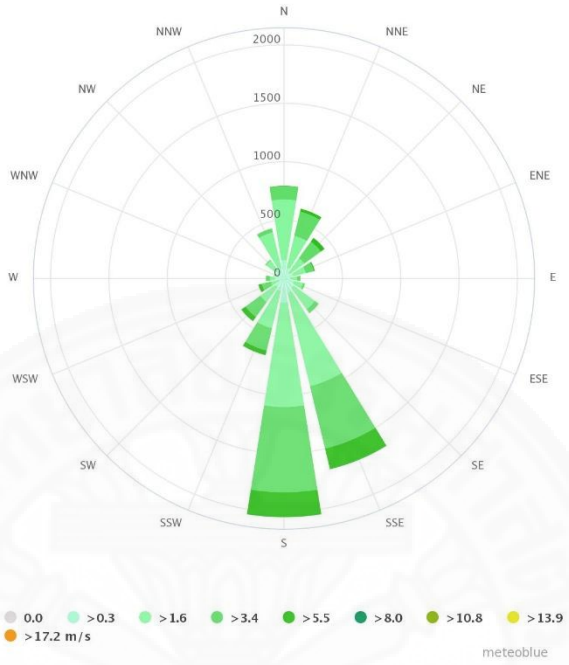
(2) ความชื้นสัมพัทธ์



ที่มา: www.worldweatheronline.com

Ref. code: 256059160301161QY

(3) ความเร็วลมและทิศทางลม



ที่มา: www.meteoblue.com

Ref. code: 256059160301161QY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นาวสาววิลาสินี ศรีสุวรรณ
วันเดือนปีเกิด	17 กุมภาพันธ์ 2537
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถาปัตยกรรม) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผลงานทางวิชาการ	แนวทางการออกแบบโรงเรือนเลี้ยงม้าเพื่อความสบายเชิงอุณหภาพ งานประชุมวิชาการประจำปี 2561 BERAC 9

Ref. code: 256059160301161QY